

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN
MESTRADO EM DESIGN

JOÃO PAULO AMARAL CACCERE

**FABRICAÇÃO DIGITAL COMO ABORDAGEM PARA A
PRODUÇÃO E DESIGN DISTRIBUÍDOS**

CURITIBA

2017

JOÃO PAULO AMARAL CACCERE

**FABRICAÇÃO DIGITAL COMO ABORDAGEM PARA A
PRODUÇÃO E DESIGN DISTRIBUÍDOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design, do Setor de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Design.

Orientador: Prof. Dr. Aguinaldo dos Santos

CURITIBA

2017

Catálogo na publicação
Mariluci Zanela – CRB 9/1233
Biblioteca de Ciências Humanas e Educação - UFPR

Caccere, João Paulo Amaral

Fabricação digital como abordagem para a produção e design distribuídos / João Paulo Amaral Caccere – Curitiba, 2017.
266 f.

Orientador: Aguinaldo dos Santos

Dissertação (Mestrado em Design) – Setor de Artes,
Comunicação e Design da Universidade Federal do Paraná.

1. Comunicação e tecnologia - Design. 2. Desenho (Projetos) - Sustentabilidade. 3. Habitação popular - Desenho de produto.
I. Título.

CDD 728.1




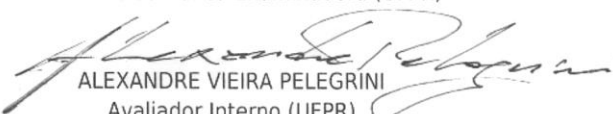
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
Setor ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
Programa de Pós Graduação em DESIGN
Código CAPES: 40001016053P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **JOÃO PAULO AMARAL CACCERE**, intitulada: "**Fabricação Digital como abordagem para a Produção e Design Distribuídos**", após terem inquirido o aluno e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua aprovação.

CURITIBA, 22 de Fevereiro de 2017.


AGUIAR DOS SANTOS
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


ALEXANDRE VIEIRA PELEGRINI
Avaliador Interno (UFPR)


VIVIANE DOS GUIMARÃES ALVIM NUNES
Avaliador Externo (UFU)

À companheira de uma vida, Yasmin.

AGRADECIMENTOS

Agradeço grandemente a todos que participaram de alguma maneira para a realização desta dissertação - em especial ao professor Dr. Aguinaldo dos Santos que, através da sua valiosa orientação e incentivo, permitiram a conclusão de mais uma etapa da minha vida.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pelo suporte financeiro.

Aos interlocutores da pesquisa, que gentilmente cederam tempo, disposição e todas as informações fundamentais para este estudo.

Aos professores Dr. Alexandre Pelegrini e Dra. Viviane Nunes, por aceitarem compor minhas bancas de qualificação e de exame final. Aos colegas mestrandos e professores do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná pelas reflexões, críticas e sugestões ao longo do caminho.

Aos amigos Marcelo Pinhel e Pedro Kersten por se envolverem direta e profundamente nas várias etapas desta investigação.

À minha família, com quem dividi minhas incertezas e conquistas, mesmo à distância. À Yasmin, de quem recebi nada mais do que o puro amor (e algumas revisões de texto).

Mil vezes, muito obrigado.

CACCERE, J. P. A. **Fabricação Digital como abordagem para a Produção e Design Distribuídos**. Dissertação (Mestrado em Design) – Programa de Pós-Graduação em Design, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

RESUMO

As mudanças na organização e distribuição da informação decorrentes das duas últimas décadas têm criado novas oportunidades de inovação para a sustentabilidade. Estas têm como característica a crescente troca de dados, informações, conhecimento e cultura de forma livre e cada vez mais inclusiva através da internet. Neste contexto, a presente dissertação dedica-se à investigação de aplicações da Fabricação Digital que viabilizem um panorama de utilização e difusão das estratégias de Produção e Design Distribuídos, como forma de habilitar novos modos de produção e consumo que impliquem em um impacto positivo nas dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade. Os métodos principais utilizados foram a Revisão Bibliográfica Sistemática e a Pesquisa-Ação. A pesquisa conta com uma etapa de campo subdividida em quatro ciclos de ação voltados para a criação de um Sistema Produto+Serviço que ofereça mobiliário residencial *open-source* para moradores de Habitação de Interesse Social. Através da análise dos resultados, será possível apontar barreiras e oportunidades para a implementação destas abordagens.

Palavras-Chave: Fabricação Digital. Produção Distribuída. Design Distribuído. Habitação de Interesse Social.

CACCERE, J. P. A. **Digital Fabrication as an approach for obtaining an Open and Distributed Manufacturing.** Dissertation (Master in Design) – Postgraduate Program in Design, Federal University of Paraná, Curitiba, 2017.

ABSTRACT

Changes on organization and distribution of information in the last two decades have created new innovation opportunities for sustainability. These are characterized by an increasing exchange of data, information, knowledge and culture on an open and inclusive way over the internet. In this context, the present work studies Digital Fabrication applications, which enables the use and dissemination of Distributed Design and Manufacturing strategies. Such applications allow new modes of production and consumption that results in a positive impact on environmental, social and economic dimensions of sustainability. In this work, a systematic literature review and an action research were conducted in order to define the analyzed methods. To accomplish this process, it was carried out a field research divided into four cycles to the creation of a Product-Service System that offers *open-source* residential furniture to social housing residents. By analyzing the results, it was possible to point barriers and opportunities to the implementation of these approaches.

Keywords: Digital Fabrication. Distributed manufacturing. Distributed Design. Social housing.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-1: Visão geral do método.	33
Figura 2-1: Aplicações da manufatura aditiva.	36
Figura 2-2: Etapas gerais do processo de Fabricação Digital.	38
Figura 2-3: Exemplos de impressoras 3D de mesa disponíveis no mercado.	43
Figura 2-4: Categorias de uso da Fabricação Digital.	47
Figura 2-5: Modelo virtual e protótipo de uma carcaça de furadeira.	48
Figura 2-6: Arquitetura desenvolvida no projeto Solar House.	49
Figura 2-7: Bicicleta fabricada via impressão 3D.	50
Figura 2-8: Molde fabricado por impressão 3D para o processo de injeção.	51
Figura 2-9: Equipamentos de três, quatro, cinco e seis eixos.	53
Figura 2-10: Detalhe do desbaste de chapa de madeira via sistema subtrativo.	55
Figura 2-11: Processo de fabricação por filamento fundido.	56
Figura 2-12: Processo de fabricação por estereolitografia.	57
Figura 2-13: Placas de vidro customizadas por sistema formativo.	58
Figura 2-14: Modelo de customização de Lampel e Mintzberg.	61
Figura 2-15: Estrutura de produção das Economias Distribuídas.	68
Figura 2-16: Estrutura de produção centralizada.	69
Figura 2-17: Estrutura de produção descentralizada.	69
Figura 2-18: Máquinas de impressão 3D da Insper Fab Lab, em São Paulo.	77
Figura 2-19: Conceituação do panorama da Produção Distribuída.	84
Figura 3-1: Quantidade de artigos produzidos entre 2010 e 2015.	93
Figura 3-2: Estratégia de desenvolvimento da pesquisa.	97
Figura 3-3: Protocolo para condução da RBS.	99
Figura 3-4: Estrutura para a condução dos ciclos de Pesquisa-Ação.	102
Figura 4-1: Mapa de Sistema das plataformas analisadas.	115
Figura 4-2: Personas construídas na Fase I do Ciclo 1.	117
Figura 4-3: Vista do Conjunto Moradias União Ferroviária em Curitiba.	118
Figura 4-4: Vista do bairro Vila Fuck em Piraquara, RMC.	118
Figura 4-5 - Localização das empresas e consumidoras pré-selecionadas.	120
Figura 4-6: Material gráfico de introdução à pesquisa.	122
Figura 4-7: Diagrama de Polaridade das empresas investigadas.	127

Figura 4-8: Workshop de conceituação do Sistema com <i>makers</i>	129
Figura 4-9: Storyboard para conceitos do Sistema.	132
Figura 4-10: Quadro de conceitos do Open Platform Design Flowchart.	133
Figura 4-11: Mapa do Sistema para o conceito desenvolvido.	136
Figura 4-12: Customer Journey Mapping Game sendo realizado.	148
Figura 4-13: Jornadas dos consumidores para os cenários desenvolvidos.	149
Figura 4-14: Blueprint do Sistema.	151
Figura 4-15: Dinâmica RITE sendo conduzida com a Consumidora A.....	153
Figura 4-16: Cartões da dinâmica RITE.	153
Figura 4-17: Entrevista sendo realizada com a Consumidora B.....	158
Figura 4-18: Pinhões ilustrados em calçada de petit-pavé de Curitiba.....	161
Figura 4-19: Espaços das consumidoras A (direita) e B (esquerda).	162
Figura 4-20: Exemplo de encaixe feito em CNC.	168
Figura 4-21: Sistema de encaixe tipo "macho-fêmea" ou "U" sendo empregado.	170
Figura 4-22: Corte 90°, corte 90° com fresa cilíndrica e solução para encaixe.	170
Figura 4-23: Painel semântico para o <i>design</i> dos produtos do Sistema.....	173
Figura 4-24: Sketches para a geração de alternativas do produto.	178
Figura 4-25: Transferência dos <i>sketches</i> para o computador.	179
Figura 4-26: Rendering da solução desenvolvida.	180
Figura 4-27: Simulação das informações gravadas no produto.	181
Figura 4-28: Modelos 3D da solução proposta.....	182
Figura 4-29: Acompanhamento do processo de impressão 3D.....	183
Figura 4-30.: Miniatura das peças do alto banco com encosto.	184
Figura 4-31.: Modelo impresso em 3D e imagem do local de destino do móvel.	185
Figura 4-32.: Consumidora A organizando as imagens do painel semântico.....	187
Figura 4-33: Incompatibilidade no encaixe de peças de fabricantes distintos.	200
Figura 4-34: Diferença estética na matéria-prima utilizada.	201
Figura 4-35: Banco alto confeccionado pelo Maker A.	204
Figura 4-36: Ao fundo, equipamento <i>do Fabricante B</i> utilizado na produção.	205
Figura 4-37: Elementos construtivos do banco com encosto.	206
Figura 4-38: Furações, cavilha e martelo de borracha utilizado na montagem.	207
Figura 4-39: Mesa lateral após finalização.	208
Figura 4-40: Banco alto com encosto após finalização.	208
Figura 4-41: Simulação de pesquisa de preços e produtos no celular.	210

Figura 4-42: Mesa lateral semi montada e embalada para transporte.	211
Figura 4-43: Montador apertando o único parafuso da mesa lateral.	211
Figura 4-44: Consumidora A e o (possível) novo destino de seu móvel.	212
Figura 4-45: Companheiro da Consumidora B analisando o produto.....	213
Figura 4-46: Móvel da Consumidora B no local de destino.	213
Figura 4-47: Diagrama tipo radar para a dimensão ambiental.	219
Figura 4-48: Diagrama tipo radar para a dimensão social.....	221
Figura 4-49: Diagrama tipo radar para a dimensão econômica.....	223

LISTA DE TABELAS

Tabela 3-1 - Quantidade e área de trabalhos identificados.....	90
Tabela 3-2 - Quantidade e área de trabalhos identificados no Portal de Periódicos.....	92
Tabela 4-1: Envolvimento dos atores-chave na Pesquisa-Ação.....	110
Tabela 4-2: Plataformas semelhantes analisadas.....	112
Tabela 4-3: Atores-chave e seus requisitos iniciais para o Sistema.....	123
Tabela 4-4: Possíveis atores secundários para o Sistema.....	125
Tabela 4-5: Resumo das atividades do Ciclo 1.....	142
Tabela 4-6: Resultados da simulação de baixa fidelidade.....	154
Tabela 4-7: Resultado da avaliação dos <i>makers</i> e fabricantes no Ciclo 2.....	156
Tabela 4-8: Resumo das atividades do Ciclo 2.....	157
Tabela 4-9: Necessidades das consumidoras para mobiliário residencial.....	159
Tabela 4-10: Implicações dos serviços no <i>design</i> do produto.....	163
Tabela 4-11: Indicações dos makers para projeto e produção.....	164
Tabela 4-12: Indicações dos fabricantes digitais para projeto e produção.....	167
Tabela 4-13: Resultados da simulação de média fidelidade.....	186
Tabela 4-14: Resumo das atividades do Ciclo 3.....	193
Tabela 4-15: Opções de customização selecionadas pelas consumidoras.....	198
Tabela 4-16: Opções de customização selecionadas pelas consumidoras.....	199
Tabela 4-17: Resumo das atividades do Ciclo 4.....	224
Tabela 4-18: Barreiras encontradas e proposições para superá-las.....	225

LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1: Critérios de qualificação dos artigos da RBS.	100
Quadro 4-1: Fabricantes digitais encontrados na RMC.....	119
Quadro 4-2: Planejamento das ações do Ciclo 1.	128
Quadro 4-3: Resumo das ações do Ciclo 1.....	136
Quadro 4-4: Planejamento das ações do Ciclo 2.	152
Quadro 4-5: Resumo das ações do Ciclo 2.....	154
Quadro 4-6: Planejamento das ações do Ciclo 3.	177
Quadro 4-7: Resumo das ações do Ciclo 3.....	186
Quadro 4-8: Planejamento das ações do Ciclo 4.	203
Quadro 4-9: Resumo das ações do Ciclo 4.....	214

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	- Três dimensões
AM	- Additional Manufacturing
CAD	- Computer Aided Design
CAM	- Computer Aided Manufacturing
CAPES	- Coordenação e Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CBPP	- Commons-based Peer Production
CNC	- Computer Numeric Control
DESIS	- Design for Social Innovation and Sustainability
DfS	- Design for Sustainability
DD	- Distributed Design
DIY	- Do-it-Yourself
DOP	- Distributed & Open Production
DP	- Distributed production of (hardware) Products
FD	- Fabricação Digital
FR	- Fabricação Rápida
HIS	- Habitação de Interesse Social
LENSIN	- Learning Network on Sustainability International
MDF	- Medium Density Fiberboard
NDS	- Núcleo de Design & Sustentabilidade
P2P	- Peer-to-peer
PDP	- Processo de Desenvolvimento de Produtos
PR	- Prototipagem Rápida
PSS	- Product-Service Systems
RBS	- Revisão Bibliográfica Sistemática
SPU	- Sistemas de Produção e Utilização
STL	- Standard Triangle Language
TIC	- Tecnologias da Informação e Comunicação
UFPR	- Universidade Federal do Paraná
UTFPR	- Universidade Tecnológica Federal do Paraná

GLOSSÁRIO

CROWD-DESIGN - modalidade de sistema de projeto e produção. Sua principal característica é a utilização de conhecimentos e recursos oriundos de determinada multidão, geralmente interconectada pela internet, como estratégia para a ampliação e diversificação de alternativas que solucionem problemas específicos (DICKIE; SANTOS, 2014).

CUSTOMIZAÇÃO EM MASSA - relacionada à habilidade de prover produtos ou serviços customizados através de processos flexíveis de produção com preços relativamente baixos. Pode ser vista como um processo natural de evolução da produção, bem como uma estratégia de diferenciação perante segmentos e empresas altamente competitivas no mercado (SILVEIRA; FOGLIATTO; BORENSTEIN, 2001).

DESIGN DISTRIBUÍDO - participação de diferentes atores na concepção de artefatos através da Inovação Aberta, que se refere a estratégias como a co-criação, inteligência coletiva, *crowd-sourcing*, *crowd-design* e, com bastante frequência, o *open-source* (WEST; GALLAGHER, 2007). No conceito de Design Distribuído também se incluem a viabilização de pequenas unidades de *design* (tal como uma pessoa ou computador), onde indivíduos, pequenos e médios e negócios e/ou comunidades locais se conectam (LENSIN, 2016).

DO-IT-YOURSELF - *faça-você-mesmo*, tradução livre; também conhecido pela sigla DIY, é um método de construção, modificação ou reparo de algo sem a ajuda direta de *experts* ou profissionais (CAMPBELL, 2005).

END-USER - *usuário-final*, tradução livre; pessoa que usa ou pretende usar, em última análise, um produto (DOWNING et al., 2012).

FAB LAB - rede de laboratórios que mais se replica ao redor do mundo atualmente, atuando principalmente no fomento da prática da inovação digital coletiva (EYCHENNE; NEVES, 2014). Criada em 2001 no MIT pelo professor Neil Gershenfeld, os *Fab Labs* (*Fabrication Laboratories*) são laboratórios de pequena

escala onde se abrigam máquinas controladas por computador, como fresadoras CNC e impressoras 3D (GHALIM, 2013).

FABRICAÇÃO DIGITAL - processo de manufatura que envolve a transformação de desenhos digitais de duas ou três dimensões em objetos físicos através da utilização de ferramentas e tecnologias controladas por computador (GERSHENFELD, 2012).

FILE-TO-FACTORY - *do arquivo para a fábrica*, tradução livre; maneira direta com a qual os dados de determinado projeto digital 2D ou 3D se relacionam com o início de uma produção controlada por computador (OOSTERHUIS, 2005 apud PUPO, 2009).

HACKERSPACE - laboratório comunitário aberto que, entre outras atividades, foca no desenvolvimento de software e hardware livre e mídias alternativas (SMITH et al., 2013).

HOW-TO - *como-fazer*, tradução livre; descrição para não-especialistas de como completar uma tarefa específica (MERRIAM-WEBSTER, 2016).

MAKERS - certo grupo de *end-users*, praticantes de *hobbies* ligados à tecnologia, com grande apreço por arte, Design, sustentabilidade e modelos alternativos de negócio. Estão associados aos hábitos de criar, modificar, reparar, reutilizar, adaptar e transformar objetos por conta própria, conforme suas necessidades (MAKER FAIRE, 2016).

MAKERSPACES - oficinas comunitárias de Fabricação Digital. Estes locais são referidos através de diferentes termos, sendo que alguns indicam a realização de atividades específicas ou sugerem graus diferentes de envolvimento com a comunidade: “*coworking spaces*”, “*innovation laboratories*”, “*media labs*”, “*hacklabs*”, “*hackerspaces*”, “*Fab Labs*”, entre outros. Todos eles estão aptos para prover àqueles que se interessem, um ambiente propício para a experimentação e aprendizado participativo, principalmente através da realização de projetos pessoais ou coletivos (SMITH et al., 2013).

OPEN-SOURCE - se refere a um modelo de desenvolvimento originário da indústria de software, que denota a distribuição livre e aberta de códigos-fonte (*open-source software*) e que, posteriormente, passa a abranger também a produção de artefatos físicos (*open-source hardware*). Neste contexto, *open-source* representa o

desenvolvimento de produtos tangíveis e intangíveis sob domínio público, de modo que qualquer indivíduo possa estudar, modificar, distribuir, produzir e vender os mesmos (FJELDSTED et al., 2012).

PEER-TO-PEER - *ponto-a-ponto, par-a-par*, traduções livres; surgido antes da mesmo da internet, *peer-to-peer* (ou P2P) é um termo que originalmente define certas redes de troca de informação entre computadores, cujos processamentos, armazenagens e comunicações dependem da colaboração de todos os participantes, de forma igual/equipotente. Da mesma forma, no contexto deste trabalho, P2P também se refere a organizações em que há cooperação livre para criação de um bem comum, com tomadas de decisão e autonomia distribuídas igualmente entre seus participantes (BERNARDO, 2014).

PRODUÇÃO DISTRIBUÍDA - sistema que reúne em rede unidades de produção em pequena escala, onde se preconiza a transformação de indivíduos, pequenos negócios e/ou uma comunidade local, em produtores de bens e serviços (LENSIN, 2016).

PROSUMPTION - união dos termos em inglês *production* e *consumption*; maneira conjugada com que o usuário passa a ter acesso e controle da produção, sendo o consumidor um “*prosumer*” - para quem a produção virou parte do processo de consumo (TOFFLER, 1980 apud KOHTALA, 2014).

RAPID PROTOTYPING - *prototipagem rápida*, tradução livre; tarefa realizada por máquinas de Fabricação Digital com o intuito criar um artefato para teste ou planejamento, sem pretensão de ser obra acabada (PUPO, 2009). Muitas vezes citada como sinônimo de impressão 3D ou outros processos de fabricação por adição (SEELY, 2004; MITCHELL; MCCULLOUGH, 1995; BUSWELL et al., 2007).

RAPID TOOLING – *ferramental rápido*, tradução livre; manufatura de ferramentas customizadas, como gabaritos e moldes para uma variedade de aplicações, que vão do suporte ao processo de injeção industrial e operações de fundição de artefatos à estampagem de folhas de metal. Faz parte da manufatura “tradicional”, acelerando os processos de produção e diminuindo seus custos, viabilizando a produção de uma variedade maior de produtos (RAYNA; STRIUKOVA, 2015).

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	22
1.1	CONTEXTO DA DISSERTAÇÃO	22
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	23
1.3	QUESTÃO DE PESQUISA	27
1.4	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	27
1.4.1	Objetivo geral.....	27
1.4.2	Objetivos específicos	27
1.5	PRESSUPOSTOS TEÓRICOS.....	28
1.6	JUSTIFICATIVA.....	28
1.7	DELIMITAÇÃO.....	31
1.8	VISÃO GERAL DO MÉTODO.....	32
1.9	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	33
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	35
2.1	FABRICAÇÃO DIGITAL.....	35
2.1.1	Definições	35
2.1.2	Etapas gerais.....	37
2.1.3	Vantagens percebidas	39
2.1.4	Riscos percebidos	40
2.1.5	Gênese e desenvolvimento	42
2.1.6	Taxonomia das tecnologias	46
2.1.6.1	Quanto às finalidades	46
2.1.6.2	Quanto aos equipamentos e seus processos.....	51
2.1.6.2.1	Visão Geral.....	51
2.1.6.2.2	Sistemas subtrativos	54
2.1.6.2.3	Sistemas aditivos.....	56
2.1.6.2.4	Sistemas formativos	58
2.1.7	Impactos da Fabricação Digital no PDP	59
2.1.8	Fabricação Digital e o morador de HIS.....	63
2.1.9	Implicações da Fabricação Digital para a sustentabilidade	64

2.2 PRODUÇÃO E DESIGN DISTRIBUÍDOS.....	67
2.2.1 Definições	67
2.2.1.1 Economias Distribuídas	67
2.2.1.2 Produção Distribuída	70
2.2.1.3 Design Distribuído	71
2.2.2 Iniciativas “ <i>maker</i> ” associadas à Produção e Design Distribuídos.....	74
2.2.3 Críticas à Produção Centralizada	80
2.2.4 Tendências para futuros sistemas de Produção e Design Distribuídos.....	82
2.2.5 Produção e Design Distribuídos e o morador de HIS	85
2.2.6 Implicações da Produção e Design Distribuídos para a sustentabilidade.....	86
 3 MÉTODO DE PESQUISA.....	90
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	90
3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO	94
3.3 ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	97
3.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	97
3.4.1 Revisão bibliográfica assistemática preparatória.....	97
3.4.2 O processo de Revisão Bibliográfica Sistemática.....	98
3.5 UNIDADE DE ANÁLISE.....	101
3.6 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS	101
3.6.1 Visão geral do protocolo de Pesquisa-Ação	101
3.6.2 Critérios de seleção dos atores-chave.....	102
3.6.3 Fases da Pesquisa-Ação	104
3.6.3.1 Fase I: Coleta de dados.....	104
3.6.3.2 Fase II: Análise dos dados e planejamento das ações.....	105
3.6.3.3 Fase III: Implementação das ações.....	106
3.6.3.4 Fase IV: Avaliação dos resultados.....	107
3.6.4 Planejamento geral da Pesquisa-Ação	108
 4 RESULTADOS E ANÁLISES.....	110
4.1 INTRODUÇÃO À PESQUISA DE CAMPO	110
4.2 CICLO 1 - CONCEITUAÇÃO DO SISTEMA.....	111
4.2.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 1	111

4.2.1.1 Benchmarking de plataformas compatíveis	111
4.2.1.2 Mapeamento e seleção dos consumidores	116
4.2.1.3 Mapeamento e seleção de fabricantes digitais	119
4.2.1.4 Mapeamento e seleção de <i>makers</i>	121
4.2.1.5 Requisitos para o Sistema.....	122
4.2.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 1	124
4.2.2.1 Unidade de satisfação	124
4.2.2.2 Tipologia do Sistema	124
4.2.2.3 Atores requeridos para o Sistema	125
4.2.2.4 Nível de customização.....	126
4.2.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 1	129
4.2.3.1 Geração de alternativas para o conceito do Sistema	129
4.2.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 1	137
4.2.4.1 Avaliação do Sistema pelos consumidores	137
4.2.4.2 Avaliação do Sistema pelos <i>makers</i> e fabricantes digitais	139
4.2.4.3 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 1	142
4.3 CICLO 2 – EXPANSÃO DO CONCEITO DO SISTEMA	142
4.3.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 2	143
4.3.1.1 Calibragem automatizada de equipamentos	143
4.3.1.2 Comunicação de conceitos-chave do Sistema	144
4.3.1.3 Comportamentos específicos do consumidor de baixa renda	146
4.3.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 2	147
4.3.2.1 Cenários e jornadas dos consumidores.....	147
4.3.2.2 Blueprint do Sistema.....	150
4.3.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 2	152
4.3.3.1 Simulação do Sistema com baixa fidelidade	152
4.3.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 2	155
4.3.4.1 Avaliação do Sistema pelos consumidores	155
4.3.4.2 Avaliação do Sistema pelos <i>makers</i> e fabricantes digitais	155
4.3.4.3 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 2	157
4.4 CICLO 3 – DESIGN DE PRODUTO E DEPURAÇÃO DO SISTEMA	157
4.4.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 3	158
4.4.1.1 Necessidades do público-alvo para mobiliário residencial.....	158
4.4.1.2 Implicações dos serviços no produto.....	163

4.4.1.3	Indicações dos <i>makers</i> para projeto e produção	164
4.4.1.4	Indicações dos fabricantes digitais para projeto e produção	167
4.4.1.5	Montagem e desmontagem facilitada	168
4.4.2	Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 3	171
4.4.2.1	Briefing do projeto de família de produtos	171
4.4.2.2	Aplicação de licença <i>open-source</i>	175
4.4.3	Fase III: Implementação das ações do Ciclo 3	177
4.4.3.1	Geração de alternativas para produto compatível com o sistema	177
4.4.3.2	Fabricação de modelo em escala	181
4.4.3.3	Simulação do Sistema com média fidelidade	184
4.4.4	Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 3	187
4.4.4.1	Avaliação do produto pelos atores-chave	187
4.4.4.2	Avaliação do Sistema pelos consumidores	191
4.4.4.3	Avaliação do Sistema pelos <i>makers</i> e fabricantes digitais	192
4.4.4.4	Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 3	193
4.5	CICLO 4 – IMPLEMENTAÇÃO PILOTO DO SISTEMA	194
4.5.1	Fase I: Coleta de dados do Ciclo 4	194
4.5.1.1	Gerenciamento da qualidade	194
4.5.1.2	Engajamento de criativos locais	196
4.5.1.3	Dados para a aquisição do produto	197
4.5.1.4	Arranjo da produção e entrega	199
4.5.2	Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 4	201
4.5.2.1	Seleção de cenários relevantes	201
4.5.2.2	Roteiro para a simulação	202
4.5.3	Fase III: Implementação das ações do Ciclo 4	204
4.5.3.1	Materialização dos artefatos	204
4.5.3.2	Simulação do Sistema com alta fidelidade	209
4.5.4	Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 4	214
4.5.4.1	Avaliação das etapas da simulação de alta fidelidade	214
4.5.4.2	Avaliação do Sistema para a sustentabilidade	218
4.5.4.3	Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 4	224
4.6	DISCUSSÃO	225

5 CONCLUSÕES.....	227
5.1 CONCLUSÕES GERAIS	227
5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE PESQUISA	229
5.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES.....	230
 REFERÊNCIAS.....	 232
 APÊNDICE.....	 253

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DA DISSERTAÇÃO

A presente dissertação integra-se na linha de pesquisa de Sistemas de Produção e Utilização (SPU) do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná, onde o grupo de pesquisa Núcleo de Design & Sustentabilidade (NDS) vem investigando estratégias, métodos e ferramentas que possibilitem a efetiva migração dos padrões de consumo da sociedade na direção dos princípios da sustentabilidade.

Uma característica transversal a todos os projetos desenvolvidos neste grupo de pesquisa é a busca pelo envolvimento do usuário e de outros atores-chave nos processos de *Design*, com pressupostos de que tal atividade amplia ainda mais os impactos possíveis das soluções desenvolvidas em se tratando de sustentabilidade. Neste sentido, destacam-se as dissertações de Fukushima (2009), que tratou da compreensão das soluções vernaculares realizadas pelo próprio usuário; a dissertação de Quintas (2016), que tratou de ferramentas de *co-design* orientadas ao morador de Habitação de Interesse Social (HIS); a tese de doutorado em andamento de Dickie (2015), que trata do desenvolvimento de soluções sustentáveis através do *crowd-design*.

Na época da realização desta dissertação, iniciava-se o projeto LeNSin¹ - *International Learning Network on Sustainability* - financiado pelo programa Erasmus+ da União Europeia, envolvendo um total de quinze instituições de ensino em todo o mundo, entre as quais a Universidade Federal do Paraná. Este projeto tinha como objetivo o desenvolvimento de conteúdo didático de forma colaborativa e em licença aberta para o ensino de Sistemas Produto+Serviço Sustentáveis (PSS) orientados à Economias Distribuídas (DE - *Distributed Economies*). A presente dissertação está atrelada a este projeto na medida que está voltada à definição de parâmetros

¹ Disponível em: <http://www.lens-international.org/>.

para um Sistema que se utilize da abordagem de Fabricação Digital para a Produção e Design Distribuídos.

Destaca-se também o fato de que na época desta pesquisa o NDS era um dos parceiros ativos da rede DESIS² - *Design for Social Innovation and Sustainability* - em seu *cluster* temático *Distributed & Open Production* (DOP). Este *cluster* buscava entender justamente as implicações da Produção e Design Distribuídos em se tratando de inovação social para a sustentabilidade.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

O Design para a Sustentabilidade (DfS) tem como uma de suas aspirações a contribuição para a migração da sociedade na direção de novos padrões de consumo e produção. Nesse sentido, o modelo convencional de produção em massa tem como características: a) o aumento do movimento de matéria-prima e produtos através de distâncias maiores, contando principalmente com a diminuição dos preços associados à logística devido aos ganhos de escala; b) o distanciamento da produção dos consumidores, escondendo, dessa maneira, os custos sociais e ambientais; c) o enfraquecimento da possibilidade dos atores locais terem propriedade e controle sobre seu ambiente econômico imediato; d) a distorção ou destruição de identidades culturais; e) a limitação da diversidade em atividades econômicas regionais (VEZZOLI; CESCHIN, 2008). Dentre as repercussões deste modelo convencional de produção está a característica marcante da crescente orientação para a manufatura de produtos com ciclo de vida curtos. Há, via de regra, elevados níveis de desperdício e extração de recursos naturais, sendo comum que os bens materiais procedam de áreas industriais distantes da comunidade consumidora, promovendo fuga de capital e a distribuição desigual dos benefícios da produção (SANNE, 2002).

² Disponível em: <http://www.desisnetwork.org/>.

Ao mesmo tempo que há uma compreensão quanto a necessidade de alternativas ao modelo convencional de produção, observa-se oportunidades para a promoção de mudanças através das novas formas de organização e distribuição da informação com o advento da internet. Verifica-se uma crescente troca de dados, informações, conhecimento e cultura de forma livre e cada vez mais inclusiva através dessa rede. Com os avanços em Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), são abertas oportunidades de desenvolvimento de soluções mais sustentáveis que outrora seriam improváveis ou até impossíveis (BENKLER, 2006). Dentre estas oportunidades se encontra a Fabricação Digital.

A Fabricação Digital é um processo de manufatura que envolve a transformação de desenhos digitais de duas ou três dimensões em objetos físicos através da utilização de ferramentas e tecnologias controladas por computador (GERSHENFELD, 2012). Configura-se como um potencial vetor de mudança dos padrões de consumo e produção na direção da sustentabilidade, pois permite, dentre outras vantagens, a maior customização dos produtos, a possibilidade da produção local de baixa escala e com *setup* rápido e a redução drástica da demanda por sistemas logísticos de armazenamento e transporte.

A utilização dos equipamentos de Fabricação Digital, tais como a impressora 3D, vem se difundindo não somente entre profissionais, mas também entre *não-designers*, principalmente via *makerspaces*³ dedicados. Estes espaços de trabalho são equipados com máquinas variadas de Fabricação Digital e atuam como centros de aprendizagem e difusão de conhecimento, oferecendo atividades sociais a seus membros, como palestras, *workshops* e debates relacionados à tecnologia de uma maneira geral. Os *makerspaces* são referidos por uma série de termos, sendo que

³ De modo mais expressivo, os *makerspaces* incluem os Fab Labs e os *hackerspaces*. O primeiro deles é uma iniciativa que surgiu no Massachusetts Institute of Technology como uma plataforma de prototipagem rápida de objetos físicos (EYCHENNE; NEVES, 2014). Já os *hackerspaces* podem ser vistos como laboratórios comunitários abertos que, entre outras atividades, se focam no desenvolvimento de software e hardware *open-source* e mídias alternativas (SMITH et al., 2013).

alguns indicam atividades diferenciadas ou sugerem graus diferentes de envolvimento com a comunidade (SMITH et al., 2013).

Uma característica comum entre estas espécies de “laboratórios criativos” é sua permanente interação com outros pares através da internet. Devido ao fato de estarem organizados em rede, indivíduos ou organizações se arranjam em Economias Distribuídas, ganhando massa crítica e outras potencialidades por meio de suas interconexões, que se iniciam através de suas necessidades e recursos locais, com possibilidade de expansão à escala global à medida que ocorre a progressão de seu desenvolvimento (JOHANSSON et al., 2005).

Uma atividade recorrente nestes casos é a adoção de estratégias que auxiliem a realizar o Design Distribuído de novos artefatos tangíveis e intangíveis. Entre estas estratégias encontra-se a Inovação Aberta, que pode ser definida como uma abordagem para a promoção de ideias, pensamentos, processos e pesquisas que fomentem a melhoria de produtos e serviços e o aumento da eficiência através da abertura de processos de inovação em organizações (CHESBROUGH et al., 2008). Este termo, Inovação Aberta, é utilizado atualmente também para designar uma grande variedade de fenômenos relacionados, como a *co-criação* (FRANKE; PILLER, 2004), a *inteligência coletiva* (MALONE et al., 2009), o *crowd-sourcing* (ESTELLÉS-AROLAS; GONZALEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, 2012), o *crowd-design* (DICKIE, 2015) e o *open-source* (WEST; GALLAGHER, 2007).

Este último, o *open-source*, por sua vez, se refere genericamente a uma abordagem de licenciamento livre para *designs* ou esquemas de produtos largamente utilizada no âmbito dos *makerspaces*. Nesse sentido, as obras contempladas por este paradigma estão protegidas por direito autoral, porém oferecem universalmente as liberdades de acesso, criação, modificação, publicação e distribuição por terceiros (OSHW, 2016).

Outro cenário possível dentro do contexto das Economias Distribuídas é o da Produção Distribuída. Johansson et al. (2005) definem “Produção Distribuída” como uma abordagem regional para promover

inovação entre pequenas e médias empresas, assim como o desenvolvimento sustentável. Ela pode ocorrer também entre indivíduos ou grupo de indivíduos, fora do contexto empresarial (P2P – Peer-to-Peer). Esta dinâmica envolve o compartilhamento seletivo de uma produção flexível em pequena escala e sua distribuição por entre localidades sinergicamente conectadas umas com as outras. Tal visão inclui uma íntima relação entre os fatores sociais e ambientais, estabelecendo estratégias de desenvolvimento inovadoras a serem alcançadas em diferentes regiões (JOHANSSON et al., 2005). A Produção Distribuída possibilita a adoção de outras estratégias voltadas à produção e consumo sustentável como, por exemplo, o *fair trade*⁴ e a *economia circular*.

Esta conjuntura considera vários desafios, entre os quais o equilíbrio entre a busca da equidade social e ampliação do bem-estar com a redução do impacto ambiental. Como ponto crítico estão envolvidos estímulos de produção e consumo crescente e desenfreado, geralmente promovidos por políticas econômicas ortodoxas orientadas a oligopólios, que acarretam em elevados níveis de desperdício e extração de recursos naturais, dentre outros impactos ambientais (SANNE, 2002). De acordo com Jacobs (1997), este tema possui uma sensibilidade política muito grande, visto que o sucesso de um governo ainda é medido por muitos pela capacidade de elevação dos níveis de consumo de uma população.

Neste contexto, a busca pela Produção e Design Distribuídos se constitui em um cenário desejável, em particular para as comunidades de baixa renda no Brasil, onde há a demanda por soluções customizadas ao mesmo tempo que é social e economicamente relevante a adoção de uma produção de base local. Assim, atender a demanda por artefatos na

⁴ O *fair trade* (comércio justo) “é o processo de intercâmbio de produção-distribuição-consumo, visando a um desenvolvimento solidário e sustentável. Esse desenvolvimento procura beneficiar sobretudo os produtores excluídos ou empobrecidos, possibilitando melhores condições econômicas, sociais, políticas, culturais, ambientais e éticas em todos os níveis desse processo, tais como o preço justo para os produtores, educação para os consumidores e desenvolvimento humano para todos e todas, respeitando os direitos humanos e o meio ambiente de forma integral. O comércio justo traduz-se no encontro fundamental entre produtores responsáveis e consumidores éticos” (COTERA; ORTIZ, 2009, tradução livre).

Habitação de Interesse Social de forma mais sustentável que os modos convencionais de produção e consumo é o mote principal desta dissertação.

1.3 QUESTÃO DE PESQUISA

A questão principal de pesquisa que se coloca para a presente dissertação é: como integrar as estratégias de Produção e Design Distribuídos com as possibilidades oferecidas pela Fabricação Digital em cenários mais sustentáveis de produção e consumo no âmbito da Habitação de Interesse Social (HIS)?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo geral

Propor um cenário de utilização coordenada das abordagens de Fabricação Digital e de Produção e Design Distribuídos para a oferta de artefatos *open-source* para Habitações de Interesse Social.

1.4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar modelos de produção e consumo através da Fabricação Digital e *open-source* compatíveis às circunstâncias e necessidades locais específicas de moradores de Habitação de Interesse Social;
- Avaliar de forma exploratória a utilização de soluções em Fabricação Digital como ferramentas de *co-design* com o usuário de baixa renda.
- Avaliar os impactos potenciais da Fabricação Digital e da Produção e Design Distribuídos nas dimensões ambiental, social e econômica do cenário proposto.

1.5 PRESSUPOSTOS TEÓRICOS

Este trabalho entende o conceito das Economias Distribuídas, definidas originalmente por Johansson et al. (2005) como intrinsecamente mais sustentável que soluções convencionais de produção e consumo. É uma abordagem capaz de proporcionar benefícios positivos nas dimensões social, econômica e ambiental através da maior democratização do acesso a bens e serviços, da maior proximidade entre *designers*-produtores-usuários e do aumento da interação entre atores-chave locais.

Outro pressuposto é de que a Fabricação Digital é viável do ponto de vista técnico-econômico e entrega maior valor para o consumidor de baixa renda em comparação a estruturas ortodoxas de oferta de mobiliário doméstico. A utilização de modelos *open-source* voltados à Fabricação Digital da maneira proposta por este trabalho deverá possibilitar a ampliação das fontes de renda entre atores locais, ao mesmo tempo que pode viabilizar a sustentação econômica do profissional *designer*.

1.6 JUSTIFICATIVA

No âmbito do *Design*, a intensa utilização das TIC no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) abre caminhos através de novas teorias e metodologias as quais tem se atribuído o termo *Design Digital* (OXMAN, 2006). O uso crescente das ferramentas de Fabricação Digital se alinha ao próprio desenvolvimento do Design Digital, auxiliando não apenas o desenvolvimento de protótipos, mas também a construção rápida de modelos físicos para revisão e o processo de constituição do produto finalizado (SASS, 2007). Além de contribuir para o domínio de formas mais complexas, a Fabricação Digital implica na possibilidade de melhor depuração, aperfeiçoamento e customização de alternativas (OXMAN, 2006), permitindo um maior potencial de inovação em relação a práticas convencionais de projeto.

Os processos de Fabricação Digital possuem uma grande variedade de aplicações na indústria, sendo observados por Jacobson (2015) como de grande potencial no lançamento e introdução rápida de novos produtos com maior qualidade e melhor suporte de pós-venda. Eles oferecem a possibilidade de ampliar a intensidade da comunicação entre fabricantes e seus fornecedores, além da comunicação entre fabricantes e os próprios usuários. Além disto, a dinâmica do processo de Fabricação Digital permite aumentar a habilidade de uma empresa em encontrar erros e adicionar melhorias com um investimento menor de tempo e dinheiro, respondendo mais rapidamente aos desejos do consumidor e do mercado (JACOBSON, 2015). Estes argumentos, apesar disso, carregam em si um risco de efeito colateral em se tratando da sustentabilidade: a ampliação do impacto ambiental através do estímulo ao aumento do consumo decorrente dos atributos da Fabricação Digital.

Segundo Howe (2006), o processo de democratização do acesso às máquinas de Fabricação Digital, ainda vivenciado no período de escrita dessa dissertação, é fruto do avanço tecnológico e da subsequente queda dos custos associados a estas tecnologias, o que outrora separava amadores e profissionais. Além disso, o número de *hackerspaces* e Fab Labs, em particular, cresce rapidamente, sendo mais de 1800 laboratórios ativos instalados pelo mundo⁵. Nesse sentido é possível destacar a iniciativa da prefeitura da cidade de São Paulo, que instalou a maior rede de laboratórios públicos de Fabricação Digital do mundo entre os anos de 2015 e 2016, que atende entre 4500 e 5000 pessoas mensalmente (OLIVEIRA, 2016). Seu uso também amplia o acesso às novas tecnologias e permite que sejam desenvolvidas experimentações participativas, principalmente através da realização de projetos de cunho pessoal ou coletivo.

Na medida em que muitos destes projetos são disponibilizados gratuitamente na internet em formato *open-source* e na forma digital, é possível projetar colaborativamente com outros pares baseados em diversas

⁵ De acordo com os sites das associações (FAB LABS, 2016; HACKERSPACEWIKI, 2016).

regiões do planeta. O resultado deste processo é uma intensa interação, o que envolve a auto-organização de seus participantes em comunidades, o compartilhamento de informações e a geração de conteúdo socialmente relevante através da internet (KOHTALA, 2014).

Dessa forma, entusiastas, *makers*⁶, curiosos e usuários estão habilitados (ou tem a possibilidade de se habilitar) para o envolvimento no PDP, principalmente sob o modelo *open-source*. Esta visão implica no efetivo empoderamento destes atores, os quais deixam de ter uma atuação meramente passiva para uma postura ativa no desenvolvimento de soluções para si e para a comunidade. Neste novo paradigma, os modos de inovação se alteram, colocando os indivíduos em um papel de *co-designers* de soluções voltadas muitas vezes para o provimento de sua própria unidade de satisfação (TROXLER, 2010).

Nesse sentido, vislumbra-se a possibilidade de integrar as comunidades de baixa renda no processo decisório de confecção de novos produtos, respondendo diretamente a uma necessidade social de melhoria da qualidade de vida no âmbito das Habitações de Interesse Social. Em um panorama de profunda desigualdade, essa população sofre pela herança do intenso processo de urbanização que se iniciou na década de 40 no Brasil. São 3,2 milhões de domicílios em áreas de assentamentos precários (CEM/CEBRAP, 2007) e um déficit habitacional de cerca de 5,8 milhões de residências (FJP, 2008). Além da baixa renda, este processo é agravado também pela apropriação especulativa de terra urbanizada e por uma inadequação das políticas de habitação do país através do tempo (MCIDADES, 2009).

Como forma de estipular uma estratégia de longo prazo para equacionar estas necessidades, a Lei 11.124/05 estruturou o Sistema Nacional de Habitação de Interesse Social, elaborado sob a coordenação da

⁶ Certo grupo de *end-users*, praticantes de hobbies ligados à tecnologia, com grande apreço por arte, *Design*, sustentabilidade e modelos alternativos de negócio. Estão associados aos hábitos de criar, modificar, reparar, reutilizar, adaptar e transformar objetos por conta própria, conforme suas necessidades (MAKER FAIRE, 2016).

Secretaria Nacional de Habitação do Ministério das Cidades. Este sistema, por sua vez, implantou o Plano Nacional de Habitação – PlanHab – que é instrumento de política urbana que utiliza o modelo de financiamento e subsídio governamentais para a universalização da moradia digna no Brasil. Isto inclui a criação de uma cadeia produtiva de construção civil voltada à Habitação de Interesse Social. O projeto possui horizonte temporal de atuação até 2023. Suas ações e diretrizes já se desdobraram em pelo menos duas iniciativas de investimento público no setor habitacional: o direcionamento de verbas do Programa de Aceleração do Crescimento (PAC) e do Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) (MCIDADES, 2009).

Neste mesmo contexto, verifica-se o crescente acesso da população de baixa renda à internet (IBGE, 2013) e o aumento do seu consumo através da utilização de plataformas digitais (E-BIT, 2016). Estes dados indicam possíveis caminhos para o emprego das abordagens de Produção e Design Distribuídos para a obtenção de cenários de produção e consumo mais sustentáveis. Entre as possibilidades estão novas maneiras de se promover uma maior longevidade aos produtos de consumo, a integração destes à ciclos fechados de produção e descarte (economia circular), bem como a viabilização de uma produção localizada, que favoreça as condições e particularidades de um determinado contexto. Segundo Kohtala (2014, p.1, tradução livre), essas abordagens têm “potencial para ser mais limpa e enxuta, mitigando ou eliminando os problemas ambientais e sociais associados à produção em massa”.

1.7 DELIMITAÇÃO

O universo de aplicações do conceito de Economias Distribuídas é amplo. Esta dissertação se atém apenas ao Design Distribuído (que diz respeito à participação de diferentes atores na concepção de artefatos através da Inovação Aberta), e à Produção Distribuída de Produtos (que se refere à criação de um sistema de unidade de produção em pequena escala, onde se preconiza a transformação de indivíduos, pequenos negócios e/ou

uma comunidade local em produtores) (LENSIN, 2016). A utilização do termo “Produção e Design Distribuídos” neste trabalho sempre remeterá a tais abordagens.

Além destes temas, a presente dissertação também tratará, conforme já exposto, da “Fabricação Digital”. A dissertação não tem como foco o estudo das tecnologias de Fabricação Digital *per se*, focando tão somente sua aplicação. Tenciona-se com tal delimitação evitar o risco da obsolescência tecnológica rápida característica das tecnologias de Fabricação Digital.

Outros temas associados ao escopo do Design para a Sustentabilidade (DfS) e relacionados ao objeto de pesquisa como a economia circular, a gestão do ciclo de vida de produtos, dentre outros, não serão alvo de investigação, embora seus conceitos estejam subjacentes em vários trechos da dissertação.

1.8 VISÃO GERAL DO MÉTODO

A estratégia de desenvolvimento adotada para a presente pesquisa se dá em três etapas principais, conforme ilustra a figura 1-1. Primeiramente será realizada uma revisão bibliográfica sistemática e assistemática, a fim de estabelecer os principais constructos sobre “Fabricação Digital” e “Produção e Design Distribuídos”. O material utilizado é constituído principalmente de livros, artigos científicos, teses e dissertações.

Na sequência preconiza-se a realização de uma Pesquisa-Ação, onde o processo de ação é orientado à proposição de um cenário específico de utilização da Fabricação Digital alinhada às abordagens da Produção e Design Distribuídos na confecção de artefatos para Habitação de Interesse Social. Tendo em vista o desenvolvimento deste “cenário”, o método de pesquisa utilizado também tem características da Design Science Research.

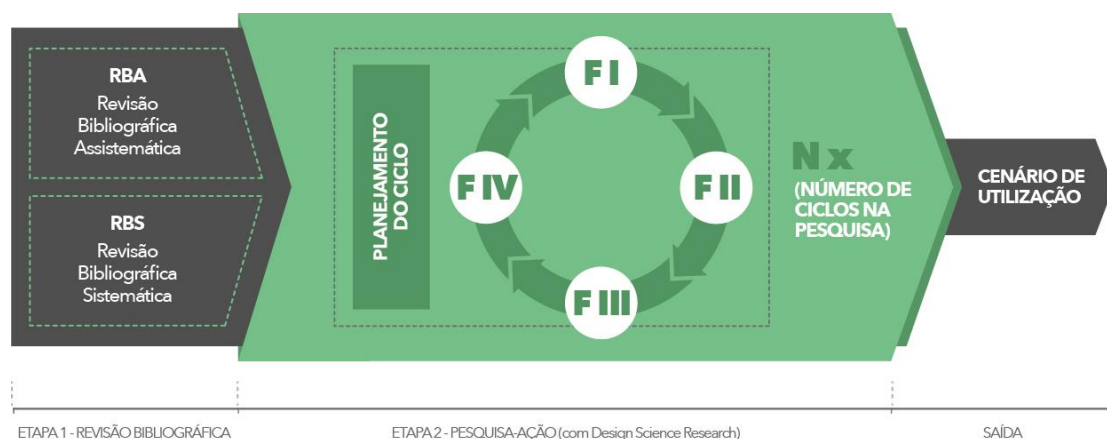


Figura 1-1: Visão geral do método.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Pesquisa-Ação foi o método selecionado tendo em vista que, na etapa de campo, há a expectativa do ativo envolvimento de atores-chave nos processos desempenhados, sendo os mesmos observadores e observados. Para tanto, o protocolo de coleta de dados prevê um processo cíclico de interações entre o pesquisador e os grupos interessados, de maneira a possibilitar a obtenção de validade interna dos dados e informações coletadas.

1.9 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Em consonância com as informações fornecidas até aqui, a presente dissertação está estruturada da seguinte forma:

Capítulo 1 - Introdução: apresenta o contexto de realização deste trabalho, as justificativas que pretendem demonstrar sua importância, o problema de pesquisa, a listagem dos objetivos geral e específicos, os pressupostos que norteiam a investigação, a delimitação do escopo e a visão geral dos métodos utilizados.

Capítulo 2 – Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos: essencialmente este capítulo constitui-se na fundamentação teórica da dissertação, abordando os temas da Fabricação Digital e da

Produção e Design Distribuídos, introduzindo as definições e terminologias mais importantes, o estado da arte de suas aplicações, as implicações para a sustentabilidade, além de discussões sobre a integração dessas abordagens, incluindo suas repercussões em se tratando do morador de Habitação de Interesse Social.

Capítulo 3 - Método de pesquisa: apresenta a seleção do método de pesquisa utilizado no cumprimento dos objetivos da pesquisa, descrevendo o protocolo de coleta de dados, estratégias de análise e validação.

Capítulo 4 - Resultados e análises: apresenta os resultados obtidos em todas as fases de coleta de dados, bem como as análises e principais considerações relativas aos objetivos da pesquisa.

Capítulo 5 - Conclusões: apresenta as conclusões da pesquisa, considerações sobre o método utilizado e aponta sugestões para pesquisas futuras.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os fundamentos acerca dos temas Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos, incluindo definições dos principais constructos. Enfatiza-se as implicações destes temas para a sustentabilidade e, em especial, para o morador da Habitação de Interesse Social.

2.1 FABRICAÇÃO DIGITAL

2.1.1 Definições

Os avanços em Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) aliados às inovações nas tecnologias de manufatura têm provocado alterações nas maneiras de se projetar e fabricar. Neste contexto surge a Fabricação Digital, definida por Gershenfeld (2012) como a utilização de uma série de ferramentas e tecnologias na qual desenhos em 2D ou 3D criados no computador são usados para que se materializem artefatos através de outra máquina. Desta forma, a “Fabricação Digital” implica em uma maior aproximação do projetista com o processo de manufatura de suas criações.

O desenvolvimento da indústria da computação permitiu a prevalência dos fenômenos digitais sobre vários processos de *Design*, tornando-os tão comuns que a este fenômeno dá-se o nome de Design Digital. São novos os precedentes abertos, principalmente através da prática do *Design* e da experimentação acadêmica, que se refletem nas novas metodologias e teorias de projeto de produto (OXMAN, 2006).

O Design Digital orientado à Fabricação Digital se refere à representação e manipulação de formas complexas no espaço, facilitando a maneira com que *Designers* apresentam, comunicam e materializam suas soluções e proposições através da integração de diversas mídias na conceitualização, realização, comunicação e produção de artefatos (SASS, 2007). Essa ideia se opõe, ou se difere em grande parte, das maneiras

tradicionais analógicas de materialização de objetos, desenvolvendo-se em um ambiente estritamente virtual (OXMAN, 2006).

Outro reflexo notável que surge da utilização da Fabricação Digital está relacionado com alterações nas possibilidades de produção e consumo. Na medida que estes equipamentos e softwares se tornam cada vez mais acessíveis, usuários são capazes de determinar quando a produção ocorrerá (produção puxada) ou então de fabricar as coisas por conta própria, no interior de suas residências ou em espaços criativos (BENKLER, 2006; BAUWENS et al., 2012; TROXLER, 2013).

Durante a feitura desta dissertação foi constatada uma grande variedade de tecnologias de manufatura orientadas à Fabricação Digital, sendo que entre as mais recorrentes estão a impressão 3D, o corte a laser e o fresamento CNC. Dentre elas, a tecnologia que mais cresce na época da escrita desta dissertação em termos de utilização e desenvolvimento é a manufatura aditiva (AM – *additional manufacturing*), conhecida também pela alcunha de “impressão 3D” (WOHLERS, 2002). A presença deste processo é observada em um grande número de setores industriais, destacando-se o setor aeroespacial e de defesa, automotivo, de produtos industriais, aparelhos médicos e arquitetura (WOHLERS, 2013). A aplicação em elementos construtivos (peças funcionais que se destinam ao consumo final) representa 28 por cento de todas as aplicações de AM, conforme ilustra a figura a seguir (WOHLERS, 2013).

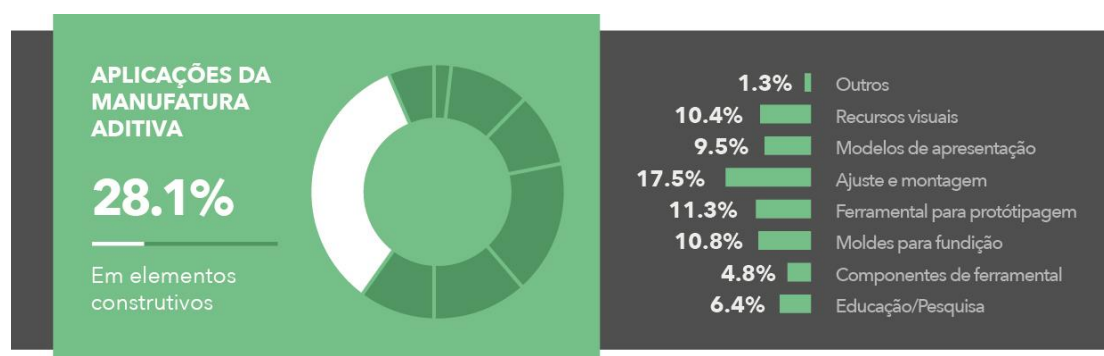


Figura 2-1: Aplicações da manufatura aditiva.
Fonte: Adaptado de Wohlers (2013).

2.1.2 Etapas gerais

Analizando a história da manufatura dos objetos, é notável a maneira com que processos de prototipagem e fabricação são transformados através do tempo. Desde o início da profissão de *designer*, até os primeiros anos deste século, a produção de novos artefatos frequentemente envolveu a transformação manual de *sketches*⁷ e desenhos para mock-ups ou modelos físicos como forma de tradução física do objeto imaginado (SASS, 2007).

Contudo, com os avanços em Tecnologia da Informação e Comunicação observa-se também mudanças significativas nas práticas associadas aos processos de produção e prototipagem. A Fabricação Digital se insere neste contexto como uma das estratégias para auxiliar não apenas o desenvolvimento de modelos e protótipos, mas também a construção rápida de maquetes, mock-ups, modelos ou protótipos⁸ para subsequente revisão e até mesmo a efetiva produção de partes ou todo do produto (SASS, 2007).

A Fabricação Digital está ligada a novas competência de manufatura, em particular àquelas associadas à utilização de sistemas de controle CNC (*Computer Numeric Control* – Comando Numérico Computadorizado). Os sistemas CNC são baseados no controle simultâneo de vários eixos através de um sistema de coordenadas codificadas. Este sistema é responsável por

⁷ Desenhos não detalhados ou composições rápidas que não pretendem ser obra acabada, mas uma exploração preliminar.

⁸ Maquetes são instrumentos necessários para visualizar o trabalho arquitetônico projetado em croquis, podendo ser classificadas como: experimentais, para simulações reduzidas; analógicas, para analogias de fenômenos; didáticas, para o ensino da arquitetura e engenharia. Já os modelos são divididos em volumétricos e de apresentação, sendo que ambos viabilizam a visualização da ocupação de um produto no espaço. Os modelos volumétricos possuem confecção simples e empregam materiais baratos, com o objetivo de facilitar o entendimento inicial do problema do projeto e suas formas gerais. Os que se caracterizam como de apresentação têm em seu nome, sua finalidade: são produzidos para exibição em eventos, para fotografia, demonstração para clientes, se aproximando ao máximo da aparência final do produto. Na sequência, os mock-ups se situam entre os dois anteriores, sendo modelos físicos que imitam o produto final, geralmente em escala natural, para fins de estudos ergonômicos ou testes simulados para a equipe de projeto. Por fim, os protótipos são representações de produto utilizadas nas fases mais adiantadas do PDP, representando o primeiro ou o exemplo original de algo que será copiado ou desenvolvido (VOLPATO et al., 2007).

uma grande mudança na produção moderna, sendo largamente utilizado em grandes indústrias em suas linhas de montagem desde os anos 80 (LEFTERI, 2009).

As etapas gerais do processo de Fabricação Digital, conforme ilustra a Figura 2.2, se iniciam com a apropriação ou projeto em software CAD (*Computer Aided Design* – Desenho Assistido por Computador) - nome genérico para sistemas computacionais que auxiliam o desenho técnico. Com relação a estes programas, os mesmos estão aptos a realizar modelagens bidimensionais ou tridimensionais, em geral sólidos e superfícies, objetos com volume, massa e centro de gravidade (SOUZA; COELHO, 2003).

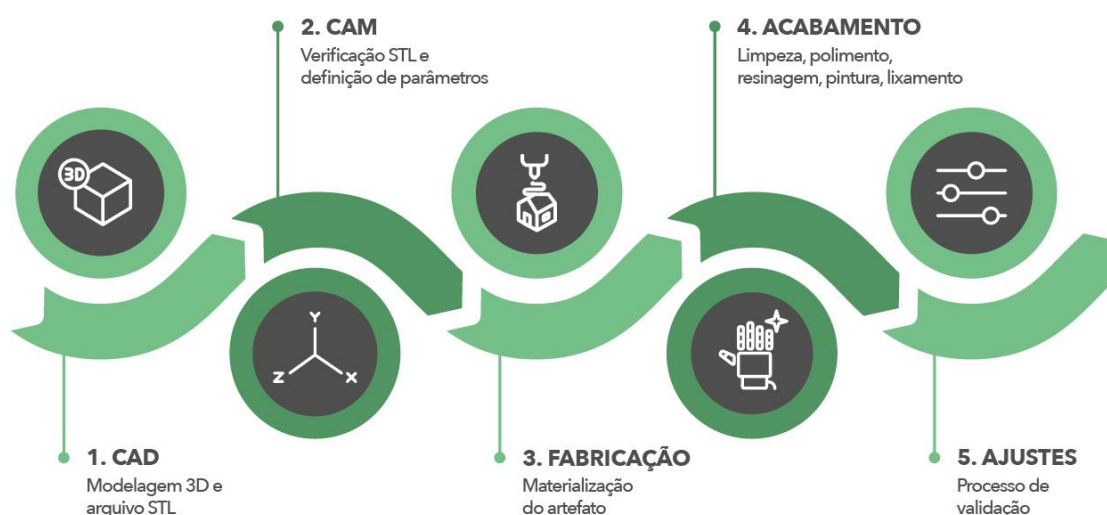


Figura 2-2: Etapas gerais do processo de Fabricação Digital.
Fonte: Adaptado de Silva (2008) apud Pupo (2009).

O desenhos realizados em CAD permitem a *modelagem paramétrica*, baseada em constantes paramétricas. Este tipo de modelagem generativa permite que todas as dimensões de um objeto estejam relacionadas através de parâmetros pré-estabelecidos. Alterando um valor numérico faz com que todos os outros atrelados a ele se reajustem, dinamizando a forma com que se manipula o artefato representado (VOLPATO et al., 2007). Sass (2007) apresenta em seu artigo algumas vantagens no uso da modelagem paramétrica. Entre elas está a possibilidade realística para que *designers* representem, projetem e redesenhem complexas estruturas de produtos com mais facilidade. Como exemplo é citado o projeto de “estruturas geodésicas

duplamente curvas”, que são complexas demais para visualizar através de *renderings* e animações por si só.

Uma vez possuindo o modelo no computador (item 1 da figura 2-2), que tem formato universal STL (*Standard Triangle Language* – Linguagem Triangulada Padrão), o processo se desenvolve na análise de informações estruturais do projeto via software CAM (*Computer Aided Manufacturing* – Fabricação Assistida por Computador) (item 2), com a seleção das ferramentas, velocidades de rotação, temperaturas, e outros parâmetros que dependem do fabricante e do modelo da máquina utilizados.

Estas informações então geram um novo arquivo que, além de passar essas instruções iniciais para a máquina, é responsável pela tradução do modelo digital em coordenadas que serão “lidas” posteriormente (SCHODEK et al., 2005 apud PUPO, 2009). Daí em diante o trabalho é automatizado (item 3) – a ferramenta reproduz as coordenadas em movimentos até a conclusão do projeto, podendo ser necessário ou não um acabamento estético posterior (item 4) ou a retomada para ajustes (item 5) (SEELY, 2004).

2.1.3 Vantagens percebidas

Tecnologias de Fabricação Digital estão cada vez mais acessíveis uma vez que têm se disseminado rapidamente, diminuindo os custos para aquisição de serviços ou dos equipamentos e softwares em si. Entre as várias causas para isso, pode-se citar a miniaturização da produção, a submissão de soluções criativas *open-source* na internet e a abertura de patentes. Dessa maneira, a Fabricação Digital tem na atualidade um espectro amplo de possibilidades, incluindo soluções que permitem investimentos iniciais baixos e sem a necessidade de um grande volume de produção para obter o “*pay-back*” (MELLIS, 2011).

Quando comparado aos processos manuais, a Fabricação Digital promove uma grande flexibilidade na construção de geometrias complexas,

viabilizando e agilizando a produção customizada. Como o objeto produzido provém diretamente de uma fonte digital, é possível modificá-lo a fim de se obter um melhor resultado para as necessidades específicas do usuário, o que pode levar a um sentimento de maior pertencimento e contribuir para a extensão do ciclo de vida dos produtos; da mesma maneira, uma vez possuindo o código e o acesso às máquinas, é possível reproduzir o objeto quantas vezes for desejado. A utilização de máquinas de Fabricação Digital, também tem potencial para a Produção e Design Distribuídos, para a personalização e o estudo de processos construtivos e espaciais (MELLIS, 2011). Blikstein (2013) reforça ainda que esta abordagem pode auxiliar no processo de ensino quando utilizada pelo educador como ferramenta que explora novas maneiras de expressão pessoal e novas formas de interação humana.

O barateamento e popularização das tecnologias de Fabricação Digital possibilitam também que as pessoas adquiram tais máquinas para utilização individualizada. Este fenômeno e o seu estudo são relativamente recentes e podem contribuir para o meio acadêmico na formação de pesquisadores comprometidos com uma educação tecnológica voltada para responsabilidade ambiental.

2.1.4 Riscos percebidos

Entende-se que a Fabricação Digital, muito embora se mostre eficiente em determinados aspectos dentro do panorama da sustentabilidade, pode estar sujeita a causar mais impactos ambientais quando em comparação a abordagens *low tech*. Além disso, ela também carrega em si o risco do estímulo ao aumento do consumo (KOHTALA, 2014). Toma-se como exemplo a situação hipotética da utilização de equipamentos de fabricação para o propósito de se replicar continuamente um produto *commodite*. Neste caso, o processo de fabricação não é regido por diretrizes que controlam, por exemplo, a segurança no trabalho, a qualidade dos processos e o uso eficiente de recursos, como na produção em massa.

Sendo assim, percebe-se que devem haver limites ou regulamentos que diferenciem quais as atividades são de fato benéficas (e.g. a implementação de solução duradoura e específica não suprida pela indústria) das que envolvem um possível prejuízo ambiental, social e/ou econômico. Intui-se, no entanto, que o controle de atividades em espaços tão distintos entre si (que podem variar de uma residência equipada com uma máquina de mesa à uma planta industrial), que são muitas vezes compartilhados e distribuídos ao redor do planeta, pode ser um grande desafio para entidades reguladoras.

Uma outra circunstância que esteve bastante presente na mídia mundial em um dado momento da feitura da presente dissertação está relacionada com a fabricação de armas de fogo impressas em 3D. Essa polêmica causou, em julho de 2016, a aprovação de uma lei no estado da Califórnia (EUA) que impõe aos detentores de tais artefatos a perícia, a marcação com um número de controle e a proibição da venda e da transferência destes objetos (BYRNE, 2016). Apesar de se entender que este tipo de prática deve ser regulamentada, deve-se evitar a todo custo o risco de criação de meios jurídicos que possam restringir o uso das tecnologias associadas.

Outra problemática se refere à possibilidade de replicação sem permissão e o ferimento às leis de propriedade intelectual, tal como acontece na indústria da música atualmente. Neste caso foram introduzidas, sem sucesso, novas tecnologias que restringiam a cópia de arquivos. A solução utilizada atualmente para esta situação, segundo Gershenfeld (2012), poderia ser transposta para a Fabricação Digital: a criação de lojas de compra e venda legal de arquivos digitais que atendem interesses específicos não suportados pela manufatura em massa. Por fim, entende-se que a utilização estendida da Fabricação Digital para os vários meios em que seu emprego se justifique pode levar à exclusão de analfabetos tecnológicos.

2.1.5 Gênese e desenvolvimento

“Uma nova revolução digital está chegando, desta vez na fabricação” (GERSHENFELD, 2012, p. 1, tradução livre). Esta proposição é a frase que inicia o artigo “*How to Make Almost Anything*” de Neil Gershenfeld acerca de suas experiências sobre novas maneiras de produzir objetos, em uma fronteira que envolve tanto o mundo físico como o mundo digital. De maneira similar, uma série de autores como Rifkin (2011 apud TROXLER, 2013), Anderson (2012) e Troxler (2013) argumentam de forma categórica em seus artigos que a Fabricação Digital é o próximo estágio em direção a uma terceira Revolução Industrial. Em *Fab – The Coming Revolution on Your Desktop*, Neil Gershenfeld (2005, p. 21) considera que a posse dos meios de produção sempre foi a linha divisória entre proletários e capitalistas. Se tais meios são facilmente obtidos e projetos são compartilhados livremente, então claramente há uma ruptura neste sentido.

O início do novo paradigma sugerido por Gershenfeld (2012) pode ser atribuído ao ano de 1952, quando se conseguiu conectar um computador rudimentar a uma fresadora manual, criando a primeira ferramenta computadorizada controlada numericamente. Através de instruções orientadas por coordenadas foi possível fabricar componentes de aeronaves com precisão e com detalhes mais complexos do que se fossem feitos à mão. Utilizando os mesmos princípios deste primeiro experimento, vários outros equipamentos puderam ser montados em plataformas computadorizadas. Entre eles estão ferramentas a laser altamente precisas e jatos abrasivos para corte de superfícies duras (GERSHENFELD, 2012).

Inicialmente as tecnologias de Fabricação Digital se baseavam tão somente na subtração de matéria prima, impossibilitando a produção de estruturas internas do componente final. Gershenfeld (2012) diz que, neste sistema, o eixo de uma roda não pode ser construído junto de seu rolamento, por exemplo. Para contornar o problema surgiram na sequência os sistemas formativos. Esta modalidade encontra suas origens nas idades do cobre e do bronze e compreendem os processos de moldagem, remodelagem e fundição. A diferença na atualidade é que estes podem ser realizados com

auxílio das Tecnologias de Informação e Comunicação (DUNNE, 2012). Posteriormente, durante a década de 1980, foram introduzidos injetores de matéria-prima no suporte principal das máquinas, dando início a uma vasta gama de equipamentos que funcionam depositando material em camadas - principal particularidade da impressão 3D (3DP – 3D *printing*) (KOLAREVIC, 2001).

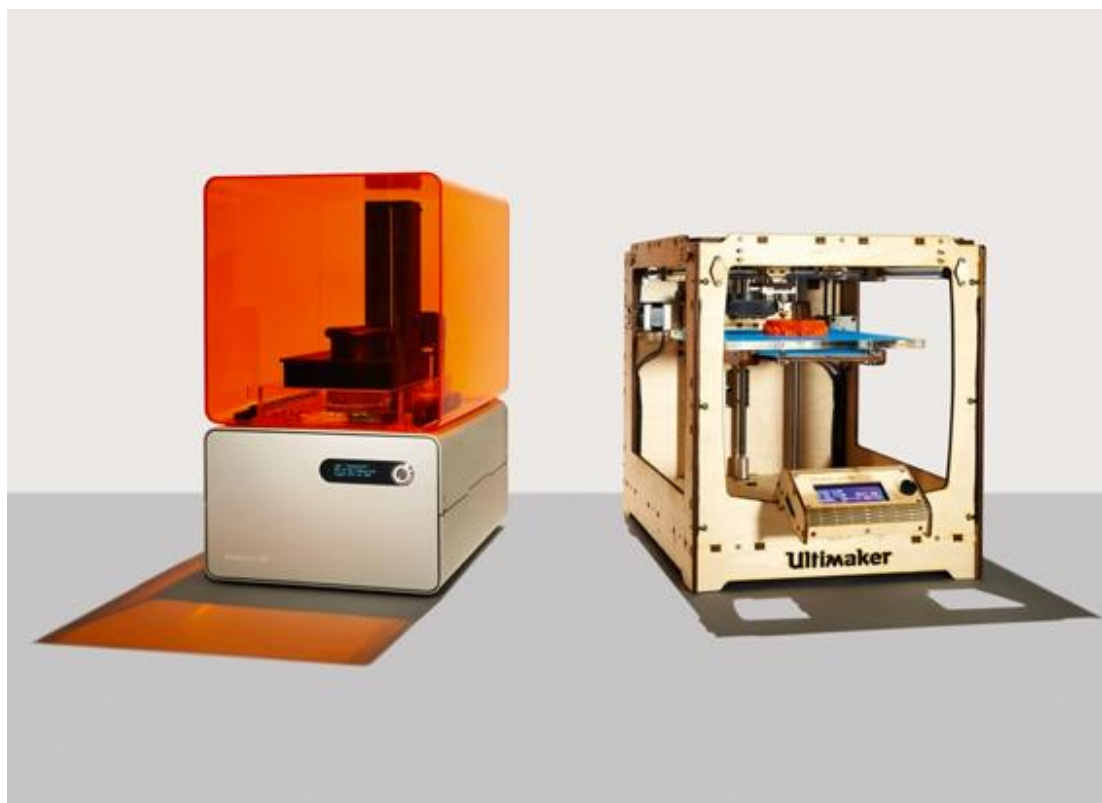


Figura 2-3: Exemplos de impressoras 3D de mesa disponíveis no mercado em 2016 (esquerda: Form1, da empresa Formlabs; direita: Ultimaker Original+, da Ultimaker).
Fonte: Kingsley (2013).

Na época da presente dissertação havia uma variedade crescente de tecnologias disponíveis nesta família de equipamentos, como os de filamentos plásticos fundidos por calor (vide Figura 2-3, equipamento da direita), os que usam luz ultravioleta para curar resinas poliméricas (vide figura 2-3, equipamento da esquerda), cortes e laminações de folhas de papel, feixes de laser que fundem partículas metálicas, entre outros (PUPO, 2009). Dentre os setores industriais que passaram a utilizar esta tecnologia com maior intensidade destacam-se as indústrias aeroespacial, automotiva,

médica e odontológica, resultando no desenvolvimento e produção de peças de motor a próteses humanas (PRINT THE LEGEND, 2014).

Autores como Anderson (2010) e Waghorn (2011) apontam a fabricação por adição em camadas como revolucionária. Este posicionamento é sustentado pelo fato de que tal tecnologia tem sido continuamente adaptada para utilização pessoal através da pesquisa de empresas como MakerBot, Formlabs e Ultimaker, mudando as dinâmicas do setor (PRINT THE LEGEND, 2014). Enquanto as impressoras 3D industriais custavam na época desta dissertação até mais de 500 mil dólares⁹, as impressoras mais recentes de mesa custavam 250 dólares ou menos (VANHEMERT, 2014). Essa condição, operando juntamente com a disseminação recente da cultura *maker*¹⁰ e da multiplicação das redes colaborativas de conhecimento na internet, é potencialmente disruptiva em relação aos padrões convencionais de produção e consumo, considerada a real possibilidade de fabricação de artefatos únicos por indivíduos em suas próprias casas (BENKLER, 2006; BAUWENS et al., 2012). Tal fenômeno é relativamente recente e pode ser encontrado na literatura como “*personal manufacturing*” (BAUWENS et al., 2012), “*personal fabrication*” ou “*fabbing*” (GERSHENFELD, 2005), “*commons-based peer production of physical goods*” (TROXLER, 2013) ou “*making*” (ANDERSON, 2012; GAUNTLETT, 2013; HATCH, 2013). Neste trabalho optou-se por uma forma traduzida que também é recorrente em artigos em português: *fabricação pessoal* (EYCHENNE; NEVES, 2014; JUNIOR; CASTILLO, 2014).

Na visão de Anderson (2012, p. 41), a terceira Revolução Industrial nada mais é que a industrialização do movimento *maker*: uma combinação da Fabricação Digital com a *fabricação pessoal*. Pode-se notar que essas ferramentas digitais estão sendo usadas cada vez mais por indivíduos para projetar e fabricar produtos, o que faz com que o compartilhamento e a

⁹ Câmbio em agosto de 2016: US\$1 = R\$3,50.

¹⁰ O movimento *maker* pode ser definido como uma tendência que valoriza os aspectos do *do-it-yourself* (DIY) na invenção, adaptação, construção e reparo de objetos. Sua cultura está fortemente ligada ao uso e aprendizagem de habilidades relacionadas à tecnologia (ANDERSON, 2010).

colaboração sejam cada vez mais facilitados através do tempo. Além disso, estão disponíveis para uso livre uma grande quantidade de projetos densos, revisados e retrabalhados, em uma escala maior que qualquer *maker* sozinho conseguiria realizar - todos prontos para ser enviados diretamente de computadores para produção (TROXLER, 2013).

É possível fazer uma analogia entre a ascensão das tecnologias de Fabricação Digital com a história da computação. Gershenfeld (2012) indica que, na década de 1950, os primeiros computadores eram grandes máquinas analógicas, que só poderiam ser adquiridos por corporações ou instituições de elite. Já em 1960, a pesquisa para o desenvolvimento de minicomputadores levou a uma queda nos preços desses equipamentos, de forma que, ainda que muito caros para indivíduos, já poderiam ser adquiridos por grupos de pesquisa, departamentos de universidades e empresas menores. Avançando um pouco mais no tempo, aparecem no mercado versões menores, oferecidas em peças separadas para montagem, baixando ainda mais os custos. Nesse período os equipamentos ainda eram rudimentares, porém, segundo Gershenfeld (2012), foram capazes de mudar as vidas de toda uma geração de pioneiros da computação, que não podiam comprar uma máquina individualmente.

Pode-se comparar este estágio com a geração recente de máquinas de impressão 3D de mesa que são vendidas em *kits* para montagem, como a RepRap¹¹, a Makerbot¹² e a Ultimaker¹³. Assim como faziam os curiosos que tinham no manuseio do computador um *hobby* nos anos 70, uma vez adquirida uma dessas máquinas há a possibilidade de replicá-la ou modificá-la (GERSHENFELD, 2012).

Gershenfeld (2012, p. 46) reconhece que as tecnologias de Fabricação Digital ainda se encontram em sua infância, apesar de podermos utilizá-la para “fabricar *quase* qualquer coisa em qualquer lugar”. Kolarevic

¹¹ Disponível em: <http://reprap.org/>.

¹² Disponível em: <https://www.makerbot.com/>.

¹³ Disponível em: <https://ultimaker.com/>.

(2001), por sua vez, argumenta que a mudança de paradigma proporcionada pelo Design Digital é fundamental e inevitável, fazendo com que práticas do passado pareçam irracionais.

2.1.6 Taxonomia das tecnologias

Nas próximas seções serão categorizadas as tecnologias de Fabricação Digital de acordo com: (1) suas finalidades e (2) suas máquinas e processos. Tal categorização é adaptada do modelo de Pupo (2009) e é útil para entender como tais elementos se relacionam. É importante lembrar que há uma grande falta de consenso entre os autores quanto à utilização de terminologias de processos para Fabricação Digital. Quando houver diferenciação na nomenclatura, as variações estarão indicadas no texto.

2.1.6.1 Quanto às finalidades

Quanto às suas finalidades, as ferramentas de Fabricação Digital podem ser utilizadas em duas situações (vide Figura 2.3 a seguir): para a Prototipagem Rápida - PR - (*rapid prototyping* ou *digital prototyping*) ou para a Fabricação Rápida - FR - de produtos finalizados (*rapid manufacturing* – também referido como *digital fabrication* ou *digital manufacturing*). Em ambos os casos o termo “*rápida*” se refere a ausência de intervenção manual, com *setup* automático ou semiautomático, refletindo a transformação de dados digitais em um artefato físico. A única diferença entre as abordagens está somente no propósito do objeto final (figura 2-4).

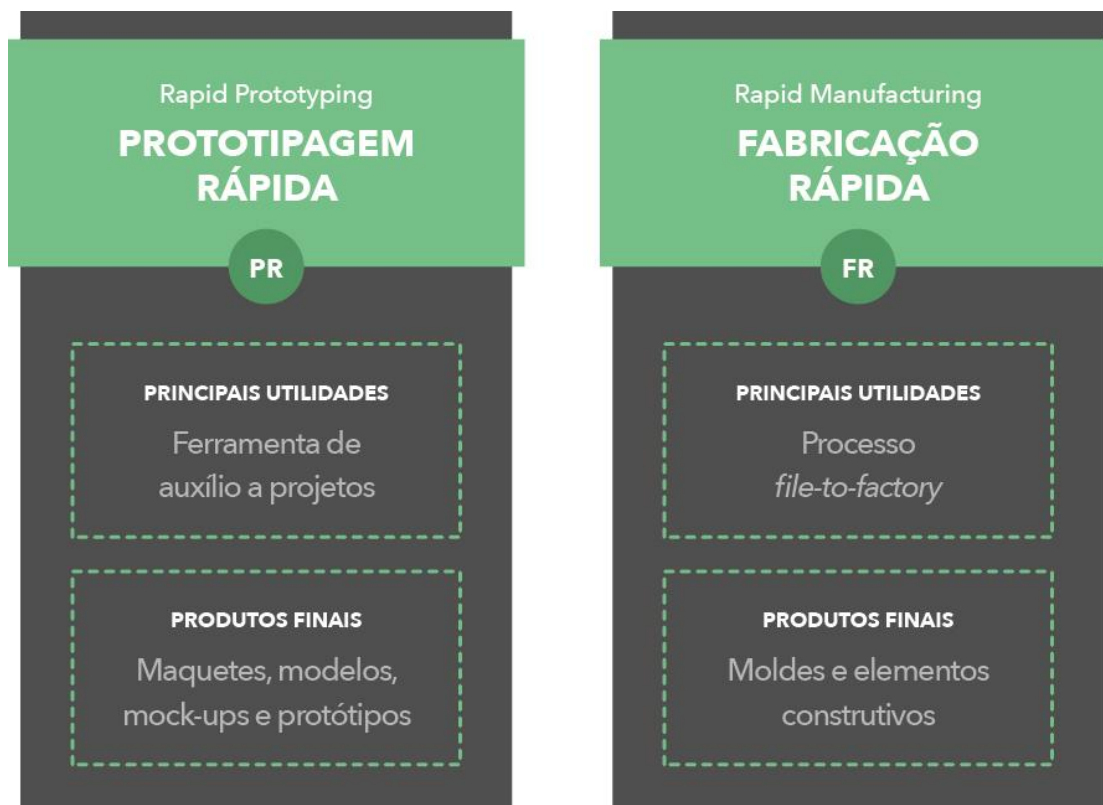


Figura 2-4: Categorias de uso da Fabricação Digital, suas utilidades e produtos finais.
Fonte: Adaptado de Pupo (2009).

A Prototipagem Rápida (PR) é muitas vezes relacionada com a impressão 3D ou com outros processos de fabricação por adição (SEELY, 2004; MITCHELL; MCCULLOUGH, 1995; BUSWELL et al., 2007). No entanto, para este trabalho, considera-se PR a tarefa realizada por máquinas orientadas a um processo de Fabricação Digital, com o intuito criar um artefato para teste ou planejamento de algo independentemente de seu processo de constituição final, já que a tarefa de *prototipar* pode se dar utilizando qualquer tipo de ferramenta - da mais simples à mais complexa (PUPO, 2009). Para fins de clarificar a definição do termo, considere que:

A Prototipagem Rápida é o nome mais comum dado às tecnologias correlatas que são usadas para fabricar objetos físicos para teste diretamente de um arquivo digital tridimensional produzido em CAD (SAURA, 2003 apud PUPO, 2009).

Apesar das dissonâncias na tarefa de categorização, pode-se considerar a PR como de grande potencial e significância para o *Design*. Há unanimidade em dizer a PR é uma ferramenta na redução de custos e tempo de projeto e produção. Além disso, fornece um ambiente integrado e

compreensivo para o estudo da forma, construção do espaço e entendimento da física dos materiais empregados nos processos de fabricação (SASS; OXMAN, 2006).

Os primeiros usos da PR estavam relacionados principalmente a estudos formais nas etapas de projeto de produto, visualizando-o em escala ou tamanho real antes da fabricação seriada, orientando as tomadas de decisão durante seu desenvolvimento, conforme ilustra a figura 2-5 a seguir. Na sequência, os protótipos passam a ser importantes ferramentas de testes, avaliação e melhorias dos processos industriais (VOLPATO et al., 2007).

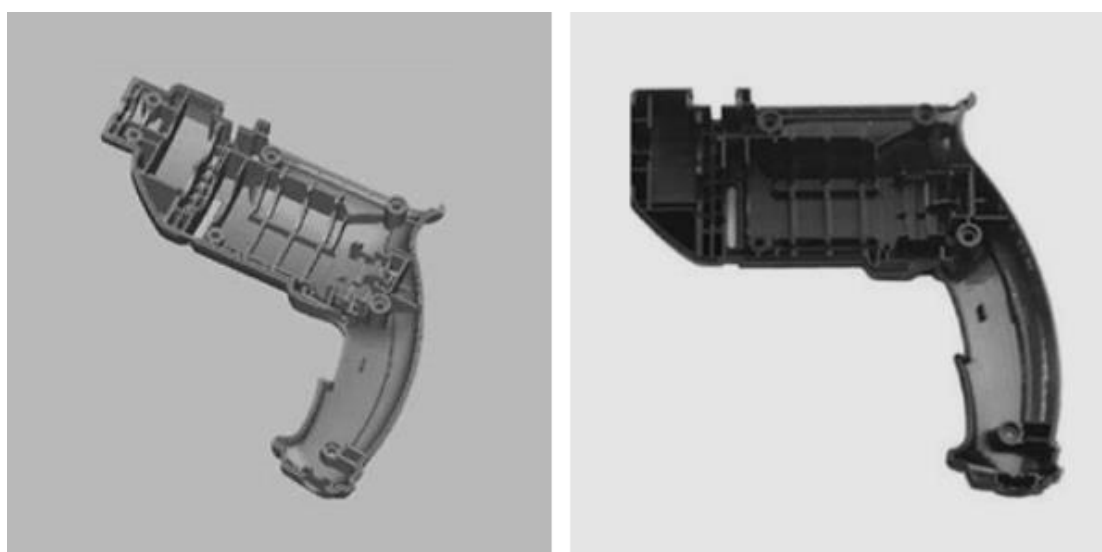


Figura 2-5: Modelo virtual e protótipo de uma carcaça de furadeira.
Fonte: Liou (2008, p. 254) apud Monteiro et al. (2014).

Considerando que as etapas gerais de Prototipagem Rápida e de Fabricação Rápida são as mesmas em termos gerais, a diferenciação entre protótipo e elemento construtivo (componentes de sistemas de produtos) fica cada vez menor. Equipamentos controlados numericamente são utilizados em um processo “*file-to-factory*” (do arquivo para a fábrica), envolvendo a comunicação direta entre computadores e as máquinas de Fabricação Digital para a manufatura de elementos construtivos personalizados de estruturas na arquitetura e na construção, por exemplo (PUPO, 2009).

Um exemplo que ilustra a Fabricação Digital para a produção de peças que se destinam ao seu uso final é o projeto *Solar House*, criado pelo

Fab Lab Barcelona (figura 2-6). Projetada com materiais de origem comum para fabricação em qualquer localidade, essa estrutura personalizada foi desenvolvida para que seja autossuficiente em energia, incorporando tecnologias que permitam sua máxima eficiência. Sua geometria foi inteiramente desenhada no computador e fabricada com painéis de madeira compensada cortados a laser. Sua forma não-convencional é fruto da *modelagem paramétrica*, e seus custos tendem a diminuir conforme o aumento da demanda pelo projeto. Ao eliminar a etapa de molde de concreto, presente no projeto de construções comuns, os criadores estimam economizar 25% de energia pela escolha dos materiais, menor tempo de execução e mão-de-obra, considerando as condições complexas do projeto (FABLAB HOUSE, 2016).



Figura 2-6: Arquitetura desenvolvida no projeto Solar House.
Fonte: Goula (2016).

No campo do desenho de produtos, a Fabricação Digital baseada no *file-to-factory* é empregada com destaque pela indústria metal-mecânica, aeroespacial e automotiva, principalmente na construção de componentes. Engenheiros da European Aeronautic Defence and Space Company (EADS), pertencente ao Airbus Group, desenvolveram em 2011 a primeira bicicleta produzida pela tecnologia de sistemas aditivos (figura 2-7). O processo de manufatura é semelhante à impressão 3D, sendo que a leve estrutura, feita

de nylon, pode ter resistência comparada com a do aço. O fabricante também informa que a produção deste artigo gera muito menos desperdício, além de poder ser fabricado próximo ao local de demanda (RIDDEN, 2011).



Figura 2-7: Bicicleta fabricada via impressão 3D.
Fonte: Jones (2013).

Outro uso recorrente da Fabricação Rápida está relacionado ao *rapid tooling* (ferramental rápido), que consiste na manufatura de ferramentas customizadas, como gabaritos e moldes para uma variedade de aplicações, que vão do suporte ao processo de injeção industrial (figura 2-8) e operações de fundição de artefatos à estampagem de folhas de metal. Segundo Rayna e Striukova (2015), o *rapid tooling* faz parte da manufatura “tradicional”, acelerando os processos de produção e diminuindo seus custos, viabilizando a produção de uma variedade maior de produtos. Os autores ainda relatam que esta prática não possui vantagens econômicas para pequenos volumes, porém viabilizam alguns elementos para a produção personalizada e para a customização em massa. Um exemplo local (de Curitiba, Paraná) de utilização do *rapid tooling* é o da empresa Holaria¹⁴, que se ampara no processo de impressão 3D para criação de moldes para seus produtos cerâmicos.

¹⁴ Disponível em: <http://www.holaria.com.br/>.

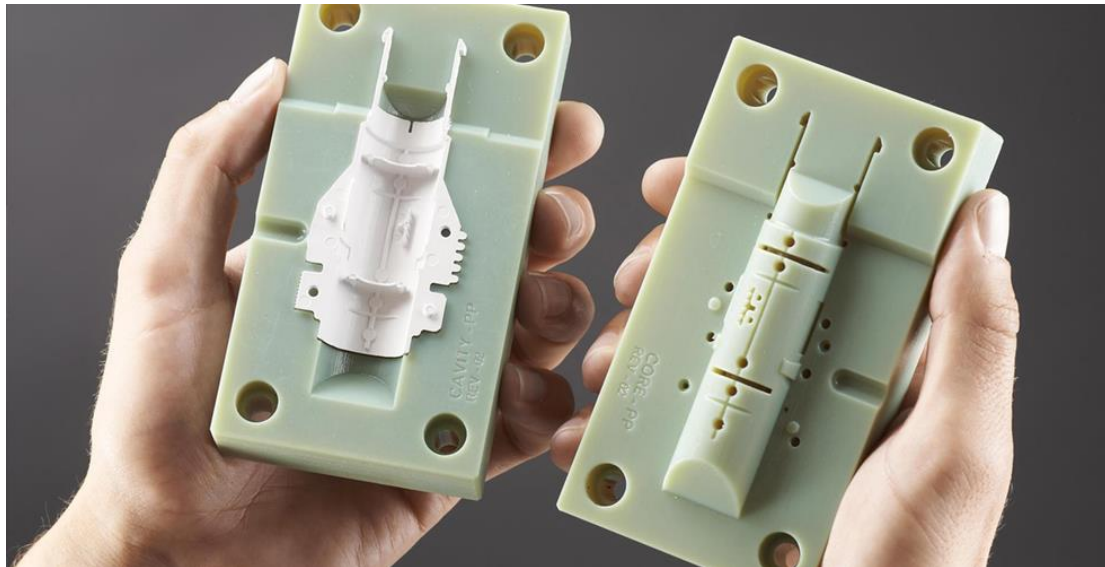


Figura 2-8: Molde fabricado por impressão 3D para o processo de injeção.
Fonte: Moldmaking (2014).

Na próxima seção será feita uma categorização dos equipamentos empregados na indústria e de seus processos construtivos.

2.1.6.2 Quanto aos equipamentos e seus processos

2.1.6.2.1 Visão Geral

Segundo Pupo (2009), podemos classificar os equipamentos de Fabricação Digital de acordo com o número de eixos com que trabalham, bem como por qual processo de manufatura utilizam. Máquinas deste tipo são encontradas em portes diferentes, variando-se também os volumes de produção com que podem trabalhar.

Segundo Pottmann et al. (2007 apud PUPO, 2009), a escolha das máquinas, materiais e técnicas de fabricação levam sempre a uma estética final particular na confecção de um artefato. A orientação dos eixos com que os equipamentos trabalham e o tamanho da plataforma de corte, por exemplo, são de grande influência no desenvolvimento de um projeto no que se refere à qualidade, tempo de execução e escala de produção. Quanto ao número de eixos, as máquinas mais comuns podem operar em duas

dimensões (nos planos X e Y), em duas dimensões e meia (quando operam em X, Y e como movimentos limitados no plano Z) e, mais frequentemente, em três dimensões (nos planos X, Y e Z efetivamente) (CELANI; PUPO, 2008). Segundo Lefteri (2009), também são encontradas no mercado máquinas que trabalham em seis direções diferentes ou mais, conforme ilustra a figura a seguir.

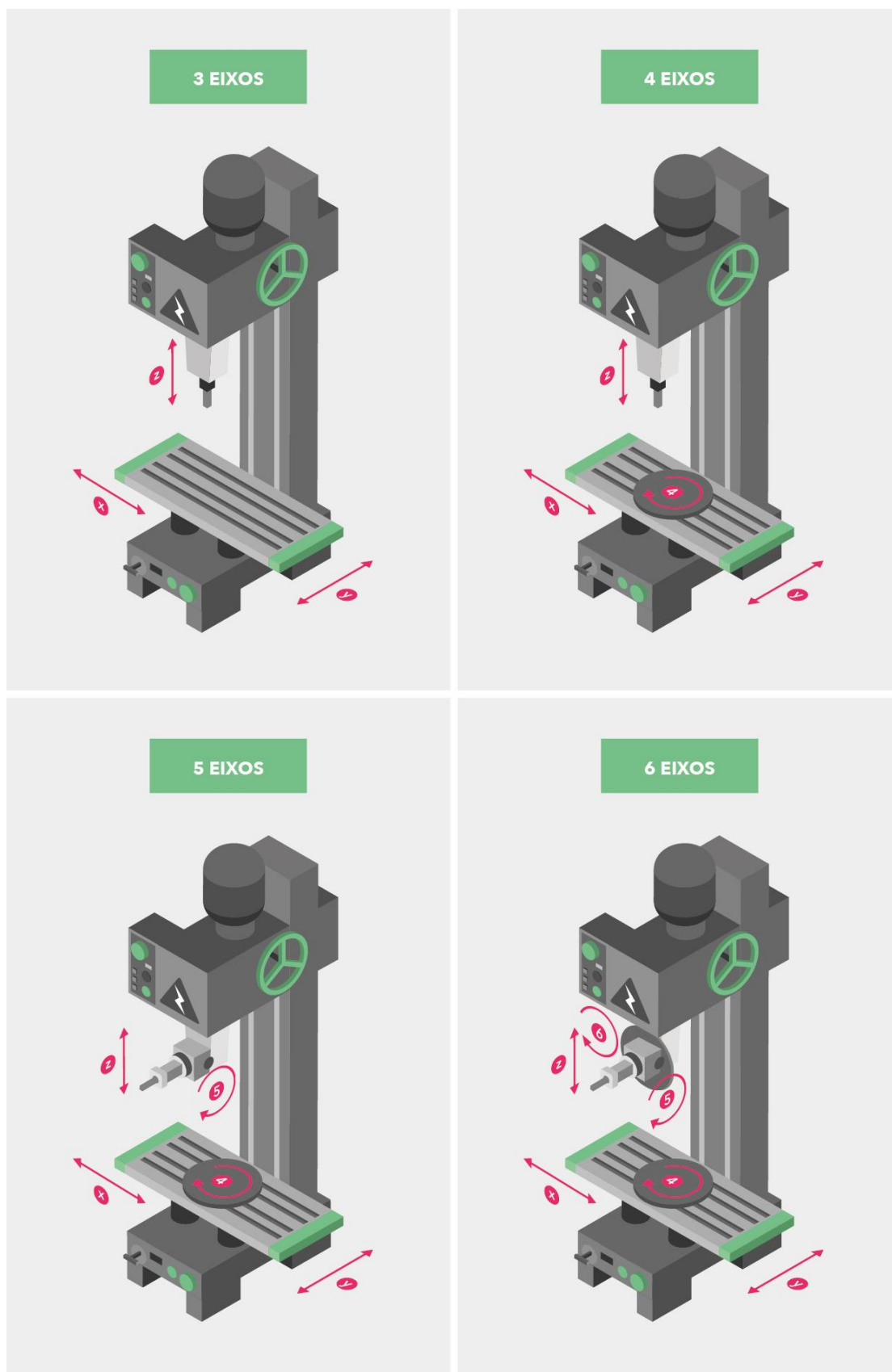


Figura 2-9: Equipamentos de três, quatro, cinco e seis eixos.
Fonte: Adaptado de Schodek et al. (2005) apud Pupo (2009).

Pupo (2009) esclarece que os desafios pelos quais a geometria passa com o uso da Fabricação Digital são inúmeros, sendo que estes dependem dos DOF - *Degrees of Freedom* (Graus de Liberdade) - de cada modelo de máquina¹⁵. Isto não significa, porém, que as máquinas mais indicadas sempre serão as de maior número de eixos. Deve-se avaliar primeiramente quais as necessidades que se impõem sobre o projeto e fazer uma pesquisa no mercado sobre todas as condições dos modelos, potências e tamanhos, que podem variar muito.

Outra variável muito importante na escolha do melhor equipamento é a que diz respeito ao processo de fabricação propriamente dito. São três categorias: sistemas subtrativos, aditivos e formativos (CELANI; PUPO, 2008).

2.1.6.2.2 Sistemas subtrativos

Os sistemas subtrativos se referem a processos de usinagem que produzem “cavacos” de material como resultado de um corte, incluindo perfilagem, torneamento, mandrilhamento, faceamento, furação, alargamento, fresamento, brochamento e outros. Todas essas operações podem ser resumidas na movimentação de ferramentas contra a superfície de peça em bruto, removendo matéria-prima até que se chegue no resultado desejado (LEFTERI, 2009).

O fresamento CNC (vide foto na figura 2-10) é um dos processos mais utilizados dentre os sistemas subtrativos, sendo que este é aplicado amplamente na usinagem de materiais como madeira, compósitos, alumínio, aço, ferro, plástico e espumas. Sua lista de aplicações é extensa, oferecendo suporte principalmente para a arquitetura, indústria pesada, moveleira e de

¹⁵ “DOF são definições geométricas de liberdade de movimentos tanto ao longo de um eixo no espaço quanto na rotação em torno do eixo no espaço: três graus para movimentos nas direções X, Y e Z e três graus para a rotação em torno desses eixos. Isso significa que máquinas com menor número de eixos, e conseqüentemente um número menor de DOF, oferecem pouquíssima flexibilidade na descrição de geometrias complexas no espaço” (POTTMANN et al., 2007, p. 579 apud PUPO, 2009, p. 126).

instrumentos musicais, para a confecção de circuitos eletrônicos e na criação de moldes (KOLAREVIC, 2001). Equipamentos desse tipo podem variar em tamanho, estando disponíveis no mercado fresadoras de grande formato, que chegam a ocupar toda uma sala, e fresadoras “de precisão”, menores e que muitas vezes cabem na mesa de trabalho. Existem também vários modelos e tamanhos de fresas, cujo uso é determinado pela operação a ser executada e o material trabalhado. O manuseio deste tipo de equipamento demanda um tempo maior de aprendizagem, visto que há vários pormenores técnicos envolvidos em sua utilização (EYCHENNE; NEVES, 2014).



Figura 2-10: Detalhe do desbaste de chapa de madeira via sistema subtrativo.
Fonte: Mescolini (2016).

Outro processo bastante popular é o do corte e gravação a laser. Do mesmo modo que os equipamentos citados anteriormente, são vários os formatos disponíveis no mercado. Sua utilização, porém, é bastante simplificada e segura, comparativamente (EYCHENNE; NEVES, 2014). Outros equipamentos comuns que utilizam sistemas subtrativos são a cortadora de vinil, e os equipamentos de corte baseados em jatos de água, laser e plasma (PUPO, 2009).

2.1.6.2.3 Sistemas aditivos

De acordo com Volpato et al. (2007), os sistemas aditivos (frequentemente referidos na literatura pela sigla AM, de *Additional Manufacturing*) englobam todos os equipamentos que operam adicionando material em camadas sucessivas, até que o objeto tridimensional esteja formado, em um processo oposto ao sistema subtrativo. Estes também podem ser encontrados como sinônimo ou hiperônimo dos termos “*layered manufacturing*”, “*solid freeform fabrication*”, “*rapid prototyping*”, “*desktop manufacturing*” ou, de maneira mais popular, impressão 3D (KOLAREVIC, 2001).

A versão mais recente do *additional manufacturing*, na ocasião da feitura desta dissertação, se trata do método de extrusão de material, conhecido como modelagem por deposição fundida (*Fused Deposition Modeling* - FDM) ou fabricação por filamento fundido (*Fused Filament Fabrication* - FFF). Disponível em proporções industriais e também como ferramenta de mesa, esta tecnologia foi baseada nas impressoras à jato de tinta. A operação desempenhada consiste no depósito de material plástico filamental sobre camadas através de bicos injetores aquecidos que se movimentam em pelo menos três eixos (figura 2-11) (LEFTERI, 2009).



Figura 2-11: Processo de fabricação por filamento fundido.
Fonte: Roig (2016).

Outro destaque se refere à tecnologia de estereolitografia (SLA), que consiste na solidificação de uma resina fotossensível em finas camadas horizontais (figura 2-12). À medida que a máquina se movimenta ao longo do eixo Z vertical, a peça é formada. Este processo pode ser mais lento e de custo elevado se comparado aos demais, porém dão ao projetista grande liberdade na escolha das formas, além de oferecer excelente acabamento superficial (LEFTERI, 2009). Além destes, outros processos aditivos comuns no uso industrial são a sinterização seletiva por laser (*Selective Laser Sintering* - SLS) e a manufatura por laminação de objeto (*Laminated Object Manufacturing* - LOM) (KOLAREVIC, 2001).

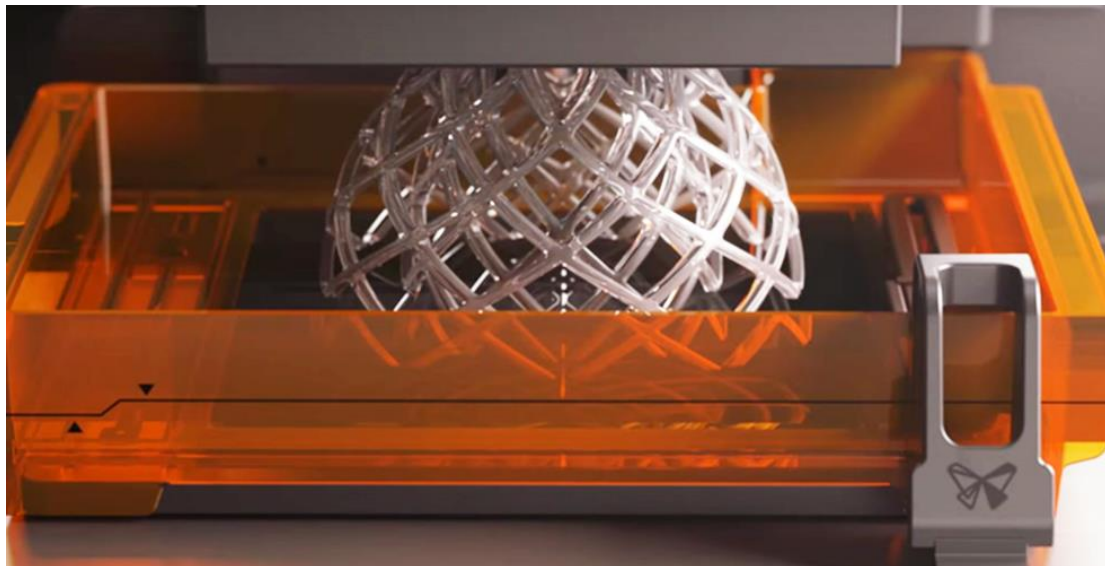


Figura 2-12: Processo de fabricação por estereolitografia.
Fonte: Formlabs (2016).

O contexto do uso das máquinas que operam por sistemas aditivos é variado, sendo empregadas inicialmente de maneira ampla na prototipagem rápida de artefatos com geometrias complexas para o desenho industrial, arquitetura, construção, indústrias automotiva, aeroespacial, militar, alimentícia, dental e médica, da moda, de joias e muitos outros campos (WOHLERS, 2013; KOLAREVIC, 2001; MICHALIK et al., 2014). Através do desenvolvimento e queda dos preços das tecnologias de AM e de sua subsequente popularização, as aplicações se expandem, abrindo possibilidades para a manufatura de elementos construtivos, criação de

moldes para a indústria, artefatos de educação, pesquisa e de apoio visual e de objetos personalizados sob medida, entre outros (WOHLERS, 2013; MICHALIK et al., 2014; CRANE et al., 2014).

2.1.6.2.4 Sistemas formativos

Os sistemas formativos compreendem na aplicação de forças mecânicas, calor ou vapor em determinado material, a fim de que este se funda, molde ou remodele em um formato desejado.

Um exemplo comum de configuração desta tecnologia é a utilização de um conjunto de pinos com alturas numericamente controladas que se coordenam de acordo com um modelo digital, formando uma espécie de molde versátil com capacidade de se adaptar a diferentes formas (KOLAREVIC, 2001). Pupo (2009, pg. 65) exemplifica o emprego desta tipologia de tecnologia na produção de vidros com curvaturas especiais: “após o ajuste dos pinos, uma placa plana de vidro é colocada sobre o molde e levada a um forno, onde ela amolece e assume a configuração da base de pinos” (figura 2-13). Este processo pode ser utilizado com placas metálicas ou plásticas, aplicado principalmente na arquitetura (KOLAREVIC, 2001).



Figura 2-13: Placas de vidro customizadas por sistema formativo.
Fonte: Yuntong (2016).

As características observadas até aqui encontram inúmeras utilidades na indústria, durante o processo de fabricação. Entende-se, dessa maneira, que a Fabricação Digital possui a capacidade de interferir diretamente no Processo de Desenvolvimento de Produtos, conforme será explorado a seguir.

2.1.7 Impactos da Fabricação Digital no PDP

De modo geral, entende-se o Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) como a viabilização de projeto e a produção de determinada manufatura, considerando os aspectos do mercado, as tecnologias disponíveis e o impacto no meio ambiente. Além disso, o PDP ainda se incumbe do acompanhamento da performance dos objetos pós-industrializados, na tomada de decisões quando são necessárias modificações, adaptações e até mesmo a descontinuidade no mercado (ROZENFELD et al., 2006).

Durante os últimos 30 anos, as tecnologias de Fabricação Digital vêm sendo utilizadas principalmente nas aplicações da Prototipagem Rápida (MICHALIK et al., 2014). No âmbito do PDP, estas estão associadas à habilidade de identificação dos requisitos do usuário e no desenvolvimento de projeto competitivo, de forma a atendê-los. Neste sentido, o uso de ferramentas computacionais CAD/CAM é essencial para o desenvolvimento rápido dos estágios do PDP, através da confecção de representações tridimensionais físicas do produto. Tais representações facilitam a comunicação entre a equipe de projeto, fornecedores e clientes, integram conhecimentos envolvidos no processo e auxiliam na tomada de decisão, acelerando os *loopings* de criação do produto (VOLPATO et al., 2007).

De acordo com Volpato et al. (2007), a utilização da Prototipagem Rápida neste conjunto de procedimentos sistematizados ajuda a visualizar e avaliar as propriedades técnicas do artefato, como manuseio e percepção formal - fatores decisivos no momento da compra. Pode-se considerar

também uma redução dos riscos de inovação e de tempo e custo de desenvolvimento através da detecção rápida de problemas de projeto (VOLPATO et al., 2007).

A Fabricação Digital, no entanto, vem sendo utilizada mais recentemente em outras aplicações na cadeia de valor, atuando na confecção de produtos finalizados, tomando vantagem principalmente dos benefícios dos processos de manufatura aditiva, subtrativa e formativa. Observa-se como mudança neste panorama uma potencial liberdade na condução dos processos de *Design* pela redução de boa parte das imposições da manufatura e montagem tradicionais, como a reprodução de formas complexas, a customização, redução da complexidade dos sistemas de montagem, a miniaturização de fábricas e a utilização de fontes de informação não-tradicionais, como o escaneamento 3D. Outras vantagens dizem respeito à manufatura distribuída, que dispensam grandes custos com transporte e com a produção de moldes e ferramentais, diminuem o desperdício de materiais e se adaptam facilmente à produções pequenas (MICHALIK et al., 2014).

Analisando tais eventos, pode-se entender que houve de fato uma reconfiguração entre a concepção e a materialização de projetos com a utilização do computador, apesar de suas aplicações ainda serem limitadas e relativamente pouco difundidas pela organização industrial vigente (BARROS; SILVEIRA, 2014).

Segundo Anzalone et al. (2008), outra expressiva aplicação de recursos da Fabricação Digital no PDP nas indústrias que utilizam o modelo de customização em massa¹⁶ (*mass customization*). Este conceito surge no fim dos anos 60 e tem como principal característica a participação do usuário nas decisões do PDP, aspecto que tem na Fabricação Digital uma ferramenta

¹⁶ “Processo de *co-design* conduzido com o consumidor na criação de objetos e serviços que encontrem as necessidades de cada indivíduo em relação a determinadas características de um produto. Todas as operações são realizadas dentro de um espaço fixo de solução, caracterizado por processos estáveis porém flexíveis e responsivos” (PILLER, 2004, p. 315, tradução livre).

de diálogo entre os vários *atores-chave* envolvidos desde a relação com os fornecedores e ciclos de produção e de venda, até a fase da distribuição do produto finalizado (ANZALONE, et al., 2008). Sob diferentes estratégias, a customização de um produto pode interferir em até quatro etapas da cadeia de valor, segundo o modelo de Lampel e Mintzberg (1996): no projeto, na fabricação, na montagem e na distribuição (figura 2-14).

Numa abordagem de “padronização pura”, a produção é conduzida na maior escala possível, direcionando-a para o maior grupo possível de compradores. Este exemplo de promoção de um “design dominante” não visa fazer distinções entre os diferentes consumidores, sendo que estes não têm nenhuma influência direta no projeto, produção ou distribuição do produto. Esta foi parte da estratégia utilizada pela Ford Motor Company no contexto de produção do Modelo T (LAMPEL; MINTZBERG, 1996), em que Henry Ford pronunciaria sua fala a respeito das possibilidades de customização: “O cliente pode ter o carro da cor que quiser, contanto que seja preto” (FORD, 2008).



Figura 2-14: Modelo de customização de Lampel e Mintzberg.
Fonte: Adaptado de Duderstadt (2015) apud Lampel e Mintzberg (1996).

De acordo com a estratégia da “padronização segmentada”, a produção leva em consideração diferentes grupos de compradores. Estes grupos, porém, permanecem agregados. Dessa maneira, os produtos são

padronizados dentro de uma estreita gama de características, sendo que o projeto é modificado e multiplicado para cobrir várias dimensões de utilização. A escolha individual, neste caso, é prevista pela empresa, mas não atende diretamente os pedidos dos consumidores. Duderstadt (2015) identifica as redes de *fast fashion*, como a franquia Lojas Renner, como exemplos de utilização da padronização segmentada. Nestes casos, estas empresas desenvolvem submarcas para atender nichos específicos que compõem diferentes perfis de consumidores (LAMPEL; MINTZBERG, 1996).

Já a “padronização customizada” se refere à utilização de componentes estandardizados em um processo de montagem customizada do produto finalizado, geralmente oferecido com custos comparáveis àqueles fabricados em massa. Assim, o consumidor tem acesso a um produto com as configurações de sua preferência, desde que estas se restrinjam à cartela pré-definida de componentes ou módulos oferecidos. Exemplos desta prática estão relacionados a empresas de automóveis, por exemplo, que oferecem itens opcionais como forma de personalização (LAMPEL; MINTZBERG, 1996).

O processo de “customização sob medida” se exemplifica na adaptação de um terno, ou na encomenda de um bolo cujo nome do cliente está estampado. Nesta abordagem um protótipo é apresentado a um potencial comprador, para que depois este seja adaptado ou personalizado de acordo com os desejos e necessidades individuais do cliente. A personalização, neste caso, ocorre na fase de fabricação, posteriormente ao projeto do produto (LAMPEL; MINTZBERG, 1996).

Por fim, a última das cinco estratégias de customização de Lampel e Mintzberg (1996) é chamada “customização pura”, onde o produto é realmente feito sob demanda, de acordo com as instruções do consumidor, afetando diretamente os processos de *Design*.

Em todas estas estratégias, a Fabricação Digital é utilizada como forma de acelerar os processos de customização e fabricação através da

interação rápida com arquivos digitais e a subsequente ordem de produção baseada nestes, que ocorre de forma automatizada.

Outros exemplos de resultados diretos da utilização da Fabricação Digital no PDP estão na possibilidade de produção em pequenos lotes, que habilita *loopings* de *feedback* para as etapas iniciais do Processo de Desenvolvimento de Produtos, e a compatibilidade com a produção entre pares, que permite a abertura dos processos para a comunidade *open-source* e viabilizam um maior *scaling up* de novos produtos (MICHALIK et al., 2014).

2.1.8 Fabricação Digital e o morador de HIS

A Fabricação Digital é vista na presente pesquisa como um caminho pelo qual é possível integrar o consumidor de baixa renda, morador de Habitação de Interesse Social, no Processo de Desenvolvimento de Produtos. Dessa forma, este ator poderá determinar (com maior facilidade e menores custos) as qualidades intrínsecas que um artefato deve possuir de acordo com suas demandas individuais ou coletivas (DIEGEL et al., 2010).

Isso responde diretamente a uma necessidade social de melhoria da qualidade de vida no âmbito das HIS. Nesse sentido, o presente trabalho entende que o direito à moradia não está somente em ocupá-la, e sim na obtenção de todas as características que a circunda e que garantam acessibilidade, segurança e a dignidade física e mental de seus residentes.

De acordo com Rolnik (2009), as políticas de habitação brasileiras carecem do estudo aprofundado dos requisitos do usuário de baixa renda e da transposição destes dados para a concepção de residências dignas, associadas aos desejos dessa população. A grande demanda por Habitações de Interesse Social no Brasil acaba por impor a redução de custos, o que implica em qualidades baixas no projeto e na execução (MULLER et al., 2013). Palermo (2009) afirma que essas condições acabam por gerar uma dificuldade de inserção social e de apropriação espacial e, consequentemente, de fixação das famílias em seu local de moradia.

O espaço dessas casas é frequentemente reduzido, o que implica no posicionamento de móveis e outros objetos em locais inadequados, que prejudicam o fluxo de circulação e as demais atividades cotidianas dos usuários (MULLER et al., 2013). Somado a isto, percebe-se uma deficiência do mercado em atender esta população com a oferta de produtos financeiramente acessíveis e que estejam adequados à esta e outras condições (FUKUSHIMA, 2009).

Sendo assim, a Fabricação Digital pode se mostrar uma iniciativa inteligente para a entrega de artefatos compatíveis com a realidade do morador de HIS. Além deste impacto, outros relacionados a esta abordagem também poderão influenciar a vida das comunidades de baixa renda, conforme exposto a seguir.

2.1.9 Implicações da Fabricação Digital para a sustentabilidade

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) representa, através do Design para a Sustentabilidade (DfS), uma atividade protagonista na redefinição de estilos de vida e na promoção de padrões de consumo mais sustentáveis. Busca prover a satisfação do ser humano em ofertas combinadas de produtos e serviços, que também podem contribuir para a redução do consumo de recursos materiais e eliminar a necessidade de manufatura de um novo produto. Nesse contexto, a Fabricação Digital, é capaz de promover benefícios nas esferas ambiental, social e econômica da sustentabilidade.

Na primeira destas dimensões, a ambiental, a variável mais recorrente em artigos científicos sobre o tema é o uso eficiente de recursos, habilitado através do cálculo computacional (KOHTALA, 2014). Outra grande quantidade de documentos se refere à habilidade conquistada na customização via Fabricação Digital. Neste sentido, a dimensão ambiental da sustentabilidade pode ser alcançada quando *designers* seguem princípios e valores locais em busca da criação de objetos de desejo mais duradouros e específicos às necessidades do usuário (KOHTALA, 2014).

Segundo Kohtala (2014), as máquinas de Fabricação Digital aumentam o poder de expressão dos *designers* e também a “qualidade” de seus produtos, levando-os a criar objetos mais “prazerosos”. Essas características permitem que estes sejam usados por mais tempo e não sejam descartados prematuramente, combatendo a obsolescência funcional, estética e psicológica através da customização (DIEGEL et al., 2010). A intensificação do uso de artefatos ou de seus componentes ao máximo auxilia na redução do impacto ambiental, conferindo menor geração precoce de lixo e diminuição da extração de recursos, emissões e transporte para a confecção de novos produtos. Problemas relacionados à customização são mencionados por outros autores, que veem a dificuldade de reutilização de produtos individualizados (a não ser que sejam projetados para uma estrutura de compartilhamento) e de remanufatura ou reciclagem de componentes muito específicos (KOHTALA, 2014).

A Fabricação Digital também oferece oportunidades para representação e manufatura de formas mais complexas do que os demais processos da indústria de massa podem oferecer. Dessa maneira, são muitas as possibilidades para o estudo e invenção de novos sistemas construtivos que auxiliem na montagem e desmontagem de produtos (SASS; OXMAN, 2006), o que é estratégia descrita por Manzini e Vezzoli (1998) para a o alcance da sustentabilidade ambiental. Nesse sentido, podem ser agilizados processos e diminuídos gastos com: a) a qualidade e eficácia de montagem de componentes que constituem um artefato a extensão da vida dos produtos, considerando sua manutenção, reparo, atualização e refabricação; b) a extensão da vida dos materiais em processos de reciclagem, compostagem e incineração; c) a possibilidade de tornar inertes os materiais tóxicos e danosos (MANZINI; VEZZOLI, 1998). O trabalho de Sass (2007), por exemplo, ilustra a integração de dois equipamentos de Fabricação Digital de precisão (cortadora a laser e fresadora CNC) para projetar novas estruturas, componentes e mecanismos de encaixe e fixação que auxiliam a montagem de uma pequena casa com um número expressivamente menor de requisitos de construção quando comparados aos processos vigentes.

No que se refere à dimensão social da sustentabilidade, segundo Pearce et al. (2010), a criação de soluções para necessidades específicas, habilitadas através da utilização de ferramentas de Fabricação Digital, são importantes em locais onde recursos, habilidades específicas e o acesso ao fornecimento global são escassos. Dessa maneira, devem ser ofertadas possibilidades de suprimento de demandas particulares daqueles que se encontram em situação desprivilegiada ou fragilizada, incluindo-os em um plano de sociedade ética e mais igualitária. A Fabricação Digital, nesse sentido, ganha dimensão através da atuação em atividades locais interconectadas em rede, o que pode viabilizar a gestão e domínio das atividades produtivas por entre os indivíduos de determinada região. Esta condição, segundo Vezzoli (2010), é favorável na busca pela melhoria da justiça e equidade na relação entre os atores-chave de um sistema.

A possibilidade de promoção da economia local também é uma característica que a Fabricação Digital pode influenciar, o que se reflete na dimensão econômica da sustentabilidade. Este princípio se refere ao envolvimento de atores locais na maior quantidade possível em processos de negócio, contribuindo para a expansão de oportunidades de geração de renda e o fortalecimento do empreendedorismo local (SANTOS et al., 2011). A Fabricação Digital, neste sentido, contribui para a descentralização da produção, serviços e marketing, incentivando o crescimento de novos negócios e empreendimentos de base local (STEFFEN; GROS, 2003).

Tal descentralização revela também, no contexto da utilização dos meios de Fabricação Digital, fatores que podem atribuir maior valor agregado aos produtos locais, colocando-os em vantagem competitiva em relação a recursos de outras regiões através da valorização de seus aspectos e usos tradicionais (SANTOS et al., 2011). Nesse sentido, a Fabricação Digital favorece a utilização de matéria-prima tradicional de maneira combinada com novos processos (KOHTALA, 2014). Observa-se, no entanto, que tal abordagem deve ser feita respeitando-se as competências de fabricação já estabelecidas na região e que não se ignorem as potencialidades da matéria-prima disponível em detrimento de outras exógenas à sua localização.

Na sequência serão explorados os conceitos de Produção e Design Distribuídos, suas principais definições, iniciativas associadas, tendências de utilização e seus impactos na sustentabilidade.

2.2 PRODUÇÃO E DESIGN DISTRIBUÍDOS

2.2.1 Definições

2.2.1.1 Economias Distribuídas

A alta demanda por produtos individualizados ou customizados, que respeitem as circunstâncias e as necessidades locais e que considerem as dimensões socioambientais e a utilização eficiente de recursos, exige a criação de conceitos inovadores que substituam as estruturas tradicionais de produção e também de distribuição de artefatos. Neste sentido, as chamadas *Economias Distribuídas (DE - Distributed Economies)*, que incluem as abordagens de Produção e Design Distribuídos, envolvem a estratégia para a distribuição de parte selecionada de uma produção para regiões onde estão sendo organizadas atividades de apoio à fabricação flexível em pequena escala, orientadas ao consumo no próprio território onde se encontram. Através de pequenas unidades fabris locais conectadas umas às outras (vide figura 2-15), promove-se a inovação, o desenvolvimento sustentável, o aumento da diversidade social e da qualidade de vida, maximizando o capital social e o espírito coletivo (JOHANSSON et al., 2005).



Figura 2-15: Estrutura de produção das Economias Distribuídas.
Fonte: Adaptado de LeNSin, 2016.

De acordo com o projeto LeNSin, as Economias Distribuídas podem ser definidas como (LENSIN, 2016, tradução livre):

Unidades de produção em pequena escala localizadas no ponto de utilização ou em áreas adjacentes, onde os usuários são produtores – sejam indivíduos, pequenos negócios e/ou comunidades locais. Se as unidades de produção em pequena escala são conectadas umas com as outras para compartilhar várias formas de recursos (físicos e baseados no conhecimento humano; e.g. o compartilhamento do excedente da produção de energia), elas se tornam uma rede de economia distribuída local, que também pode se conectar com outras redes similares próximas. Se projetada adequadamente, elas são um meio promissor de promover a coesão e equidade sociais locais.

Este modelo econômico, segundo Vezolli (2010), é uma alternativa compatível com a realidade da sustentabilidade, promovendo maior equidade aos *atores-chave*. Uma de suas principais características é a íntima relação entre os fatores econômicos, sociais e ambientais, buscando melhoramento nestas três esferas. As interconexões promovidas entre as empresas, que estão dispostas em rede, fornecem massa crítica e permitem a expansão global através do seu desenvolvimento.

A disposição estrutural das Economias Distribuídas representa uma mudança de paradigma no que se refere a forma de organização dos sistemas de fabricação dominantes e a participação do usuário na produção. Neste sentido, entende-se que há uma transição entre estruturas de

produção centralizadas para descentralizadas e distribuídas (LENSIN, 2016) (vide figuras 2-16 e 2-17 a seguir).



Figura 2-16: Estrutura de produção centralizada.
Fonte: Adaptado de LeNSin, 2016.



Figura 2-17: Estrutura de produção descentralizada.
Fonte: Adaptado de LeNSin, 2016.

A produção centralizada é caracterizada pelo emprego de unidades de fabricação em larga escala que se utilizam de grandes redes de distribuição frequentemente dispostas de maneira distanciada do ponto de uso do produto para levar a produção até os consumidores. O esgotamento dos recursos naturais no seu entorno exige a extração de recursos a distâncias cada vez maiores. Ao mesmo tempo, a demanda por recursos humanos via de regra impõe a migração de grande volume de operários de outras regiões (LENSIN, 2016).

As economias descentralizadas podem ser definidas pelo emprego de unidades menores de produção que atendem consumidores locais, assim como acontece com as Economias Distribuídas. A diferenciação entre as abordagens está no acesso direto dos usuários aos meios e recursos e no aumento da participação local na extração, produção e uso de tais recursos (LENSIN, 2016).

2.2.1.2 Produção Distribuída

O emprego da expressão “Produção Distribuída” está convencionada neste trabalho para remeter à criação de um sistema de unidade de produção em pequena escala, onde se preconiza a transformação de indivíduos, pequenos negócios e/ou uma comunidade local, organizados em rede, em produtores de bens e serviços (LENSIN, 2016).

Visto o recente desenvolvimento de tecnologias computacionais - em especial as de Fabricação Digital, decisivas para que se habilitassem novas maneiras de se fabricar artefatos em regiões isoladas (GWAMURI et al., 2014) - nota-se a relevância do estudo desta abordagem (encontrada na literatura também como *distributed manufacturing* ou *distributed production of products*). A Produção Distribuída se refere, de maneira um pouco mais aprofundada, à criação de valor em diferentes pontos na geografia através da produção de artefatos que utilizem informação em rede e recursos locais. Isto significa que tanto a matéria-prima como os métodos de fabricação estão dispostos de maneira descentralizada, sendo que o produto final é fabricado de maneira próxima ao consumidor. Parte deste conceito está na capacidade facilitada de transmissão de dados em rede, permitindo que sejam substituídos os materiais da cadeia de fornecimento por informação digital (KOHTALA, 2014; MATT et al., 2015).

No âmbito da engenharia e da gestão de operações, a Produção Distribuída está ligada ao planejamento da produção para empresas em rede, visando a flexibilidade, agilidade e melhor orientação do consumidor na produção e na customização em massa. Este termo também pode se referir a

modelos de negócio alternativos e oportunidades para uma produção e consumo socialmente mais benéficos e responsáveis (KOHTALA, 2014).

2.2.1.3 Design Distribuído

Segundo LeNSin (2016), o Design Distribuído está relacionado à participação de diferentes atores na concepção de artefatos através da Inovação Aberta, que se refere a estratégias como a co-criação, inteligência coletiva, *crowd-sourcing*, *crowd-design* e, com bastante frequência, o *open-source* (WEST; GALLAGHER, 2007). No conceito de Design Distribuído também se incluem a viabilização de pequenas unidades de *design* (tal como uma pessoa ou computador), onde indivíduos, pequenos e médios e negócios e/ou comunidades locais se conectam. Um exemplo desta abordagem é o OSVehicle¹⁷, uma plataforma modular para carros elétricos que permite empresas *startups* a projetar, prototipar e construir seus próprios veículos e serviços de transporte. Neste caso, a estratégia de Inovação Aberta é o *open-source*.

Open-source se refere a um fenômeno recente, que introduz uma flexibilização das possibilidades de utilização de objetos físicos, e que carece de consenso na literatura quanto à sua definição exata, bem como à nomenclatura empregada. Macul (2015) reuniu diversos termos na literatura que versam sobre os aspectos dessa abordagem, sendo que alguns são variações e outros se sobrepõem ou se complementam, conforme pode ser observado a seguir:

- **Open-source Software:** Laurent (2008) explica que o Open-source Software é um movimento no qual os códigos que compõem os *softwares* de computador são liberados para uso livre mediante a utilização de uma licença. Esta dinâmica pode acontecer individualmente ou através da colaboração entre pares. Entre os

¹⁷ Disponível em: <https://www.osvehicle.com/>.

direitos do usuário estão a possibilidade de estudar, modificar e distribuir os códigos para qualquer pessoa, por qualquer motivo;

- **Open-source Hardware:** De acordo com o *website* oficial da Associação de Open-source Hardware (OSHW, 2016), este é termo para utilizado para artefatos tangíveis - máquinas, dispositivos ou outros objetos físicos - cujo projeto foi disponibilizado ao público de modo que qualquer um pode construir, modificar, distribuir e utilizar estes artefatos. É intenção desta definição auxiliar no desenvolvimento de guias gerais para o desenvolvimento e validação de licenças para Open Source Hardware. É importante notar que o *hardware* se diferencia do *software* no sentido de que recursos físicos devem sempre ser empregados na produção de bens físicos. Desse modo, pessoas ou empresas produzindo itens (“produtos”) sob uma licença Open-source Hardware têm uma obrigação de não impor que estes produtos sejam fabricados, vendidos, garantidos, ou sancionados de qualquer modo pelo desenvolvedor original e, também, de não fazer uso de registros comerciais pertencentes a este desenvolvedor;
- **Open-design:** Avital (2011) define *open-design* como o acesso livre a *blueprints* (desenhos técnicos) digitais que podem ser adaptados à vontade para atender a requisitos individuais e, logo, podem ser usados por consumidores na fabricação de produtos sob demanda, por meio de métodos de produção convencionais. O modelo do *open-design* achata a cadeia de valor tradicional, formada pela relação desenvolvedor-fabricante-distribuidor-consumidor, e oferece como alternativa uma teia aberta de relações diretas entre desenvolvedores e consumidores. Como resultado, as relações (direta, transitória e não hierárquica) criam uma rede dinâmica e flexível de *design* de *blueprints* não somente centrada nos usuários, mas também direcionada pelo usuário;
- **Open-source innovation:** Raasch et al. (2009) caracteriza Open-source innovation a revelação gratuita de um novo *design* com a

intenção de desenvolvimento colaborativo de um único *design* ou um número limitado de *designs* relacionados, com ou sem exploração de mercado;

- **Open-source development:** De acordo com Fjeldsted et al. (2012), o Open-source development está ligado ao desenvolvimento de produtos tangíveis e intangíveis por meio de uma plataforma acessível e compartilhável, em que comunidades motivadas, com práticas comuns, compartilham, adotam, produzem e desenvolvem continuamente soluções inovadoras sob créditos e licenças estabelecidas em comum acordo;
- **Commons-based peer-production:** Benkler (2006) afirma que essa abordagem é utilizada no âmbito de empreendimentos cooperativos, em que as entradas e saídas do processo são compartilhadas livremente e condicionalmente em um sistema de produção que depende das ações dos indivíduos, que é auto selecionado e descentralizado;
- **Product-oriented web-based interactive innovation:** De acordo com Wei (2013), o Product-oriented web-based interactive innovation envolve os mecanismos pelos quais ideias ou *designs* inovadores, sem proteção da propriedade intelectual, são realizados por consumidores, via *web*;
- **Mass collaborative product realization:** Panchal et al. (2008) define Mass collaborative product realization como uma atividade coletiva de um grande número de pessoas para desempenhar uma tarefa para realização de um produto. Está baseada no conceito de comunidades auto-organizadas e conectadas à nível mundial;
- **Open collaborative innovation:** Baldwin e Vol Hippel (2011) explicitam que essa abordagem envolve colaboradores que compartilham o trabalho para gerar um *design*, e revelam abertamente os resultados de seus esforços individuais e coletivos

para que qualquer pessoa possa usá-los. Desse modo, os colaboradores não são remunerados por suas contribuições. Esses projetos devem possuir duas características essenciais: (1) os participantes não podem ser competidores com respeito à geração do design, e (2), eles não podem, individualmente ou coletivamente, planejar vender produtos ou serviços que incorporem inovação gerada, ou os direitos de propriedade intelectual relacionadas a ela.

Apesar de existir diferenciações, é possível observar muitas similaridades entre os conceitos acima citados. Sob a perspectiva do *Design*, tais conceitos por vezes se fundem e exprimem o que genericamente neste trabalho é chamado *open-design*. Eles se expandiram nos últimos anos, de acordo com Martinez e Stager (2014), através do acesso a ferramentas, instruções e ideias gratuitas, todas viabilizadas por comunidades cooperativas, auto-organizadas e, em grande parte, voluntárias.

Na sequência serão exploradas iniciativas *maker* associadas às abordagens de Produção e Design Distribuídos.

2.2.2 Iniciativas “*maker*” associadas à Produção e Design Distribuídos

A utilização de novas tecnologias, novos modos de organização econômicas e as novas práticas de produção podem definitivamente criar condições para que se alterem outros aspectos da vida cotidiana. De fato, a opção por modalidades de Produção e Design Distribuídos abre oportunidades para uma maior equidade econômica entre atores locais e pode ser um vetor para a ampliação da coesão em determinada região. Entende-se que este contexto está totalmente relacionado ao desenvolvimento e barateamento das máquinas operadas por CAD/CAM e à difusão da internet enquanto espaço de troca em rede, dando margem para a criação de novas oportunidades para a produção, acesso e distribuição de produtos e serviços para um conjunto da população. Acompanhando este enquadramento, os *makers* estão se beneficiando deste ambiente onde

mudam-se as maneiras pela qual trocamos informação, conhecimento e cultura (BENKLER, 2006).

Segundo Waldman-Brown et al. (2016), a ideia do *movimento maker* foi popularizada pela a plataforma norte-americana *Maker Media*¹⁸, atraindo atenção significativa de educadores, governos nacionais e corporações multinacionais, tais como GE, Intel e Microsoft. Esta se refere à democratização do *design*, engenharia, fabricação e educação (ARTISAN'S ASYLUM, 2014) através da cultura *do-it-yourself* e a produção em pequena escala.

O movimento *maker* frequentemente se apoia também no conceito de *open-source* através da participação colaborativa de indivíduos como potenciais inovadores, *co-designers*, inventores ou *bricoleurs*¹⁹. Neste caso, a participação do usuário contrasta com sua posição tipicamente passiva observada no modelo de produção em massa convencional. Isso se justifica pela mudança dos arquétipos que envolvem o processo de *Design* e produção, ainda fortemente baseados no *design* de produtos seriados e com uma grande distância entre o fabricante e o consumidor final. Antagonicamente, essa tendência prevê a participação intensa do usuário na determinação da forma e função final dos objetos, manufaturando e distribuindo produtos por conta própria ou envolvendo um ator local, frequentemente auxiliados pela Fabricação Digital (NEVES; MAZZILLI, 2013).

Este movimento social se estende aos domínios da internet, provendo e recebendo informação, conhecimento e suporte através de plataformas de colaboração, tais como os sites Instructables²⁰ e

¹⁸ A *Maker Media* é um esforço na conexão entre inventores, *designers*, *hackers* e artesãos através de uma rede de marcas e parcerias, incluindo os eventos *Maker Faire*, *Maker Camp* e *MakerCon*, o ecommerce *Maker Shed* e a revista *Make Magazine* (BRANDS, 2016).

¹⁹ Lévi-Strauss (1989) refere-se ao sujeito que usa formas indiretas/alternativas para execução de produtos como *bricoleur*. Este utiliza em seus projetos ferramentas e matérias-primas que estão ao seu alcance e “as regras do seu jogo são sempre fazer, com qualquer coisa que ele tenha à mão” (LÉVI-STRAUSS, 1989, p. 38).

²⁰ Disponível em: <http://www.instructables.com/>.

Thingiverse²¹. O primeiro destes exibe instruções *how-to* fornecidos por uma variedade de usuários no formato P2P (Peer-to-Peer). Trata de um grande número de tópicos, incluindo projetos relacionados à eletrônica, marcenaria, decoração, jardinagem, impressão 3D, entre outros (INSTRUCTABLES, 2015). Já o Thingiverse se propõe como repositório livre para download de modelos prontos para a produção de máquinas orientadas à Fabricação Digital (THINGIVERSE, 2015).

Segundo Bernardo (2014), estas redes de compartilhamento e colaboração possibilitam o acesso e a apropriação de conteúdo sem que haja necessariamente troca monetária direta, sendo iniciativas que têm suas necessidades de funcionamento distribuídas por entre os participantes. Em alguns casos, competições são promovidas como forma de motivar a participação, distribuindo prêmios e outros benefícios aos vencedores. Outras atividades do movimento *maker* são de publicações periódicas, como a revista *Make* e de eventos como a *Maker Faire*, *Open Hardware Summit*, *Maker Camp*, entre outros (WILLIAMS et al., 2012).

A ideologia do compartilhamento vem contribuindo também para o crescimento e aparecimento de oficinas comunitárias de Fabricação Digital. Estes locais são referidos por uma série de termos, sendo que alguns indicam atividades diferenciadas ou sugerem graus diferentes de envolvimento com a comunidade: “*coworking spaces*”, “*innovation laboratories*”, “*media labs*”, “*hacklabs*”, “*hackerspaces*”, “*Fab Labs*” e – como genericamente serão chamados daqui em diante neste trabalho – “*makerspaces*” (SMITH et al., 2013). Todos estes espaços estão aptos para prover àqueles que se interessem, um ambiente propício para a experimentação e aprendizado participativo, principalmente através da realização de projetos pessoais ou coletivos.

Segundo Smith et al. (2013, p. 4), os *makerspaces* são dotados de máquinas de Fabricação Digital das mais variadas, incluindo impressoras 3D (vide figura 2-18), CNC’s, cortadoras a laser, além de ferramentas de *design*

²¹ Disponível em: <http://www.thingiverse.com/>.

open-source, *kits* de eletrônica, máquinas de termoformagem e equipamentos de solda, por exemplo. O autor acrescenta que o número de laboratórios como estes crescem rapidamente, sendo os *hackerspaces*, o 100kGarages²², o TechShop²³ e os Fab Labs os espaços mais proeminentes.

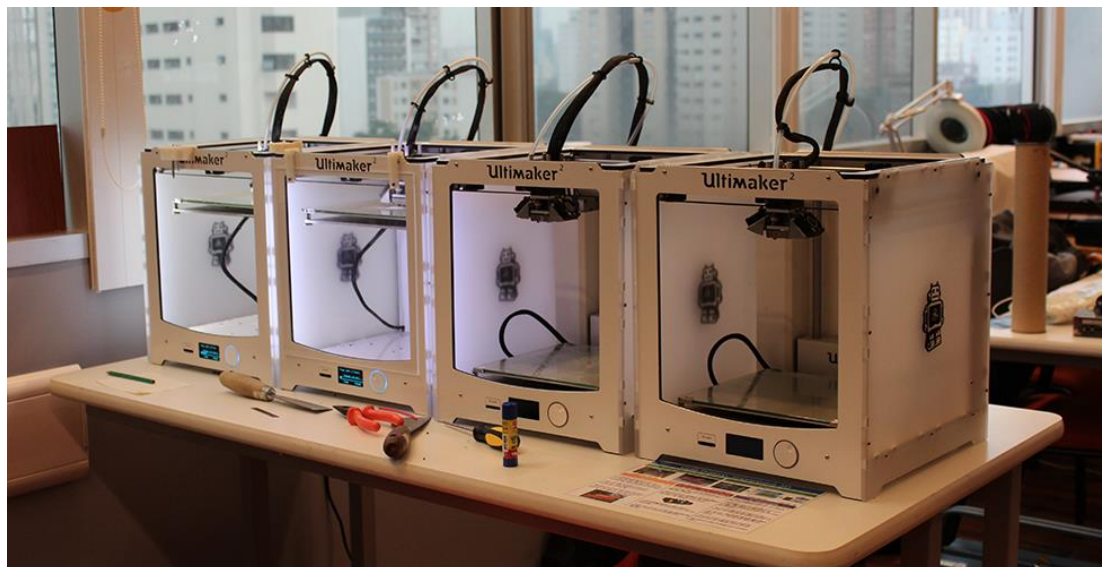


Figura 2-18: Máquinas de impressão 3D da Insper Fab Lab, em São Paulo.
Fonte: Arquivo pessoal.

Os Fab Labs representam a rede de laboratórios que mais se replica ao redor do mundo atualmente, atuando principalmente no fomento da prática da inovação digital coletiva (EYCHENNE; NEVES, 2014). Criada em 2001 no MIT pelo professor Neil Gershenfeld, os *Fab Labs* (*Fabrication Laboratories*) são laboratórios de pequena escala onde se abrigam máquinas controladas por computador, como fresadoras CNC e impressoras 3D (GHALIM, 2013). Este projeto não se restringe aos alunos da academia ou novos empreendedores – na verdade, uma de suas principais características é a participação de um universo amplo de pessoas, independentemente da

²² 100kGarages é uma iniciativa baseada no modelo de Produção Distribuída, onde pode-se solicitar e vender serviços de fabricação de peças e outros objetos através de uma comunidade que se estende principalmente sobre os Estados Unidos e o Canadá (TROXLER, 2010).

²³ Os TechShops são uma rede de oficinas focadas na realização de projetos através da disponibilização de uma série de ferramentas de produção. Para utilizar seus laboratórios é necessário pagar uma taxa mensal ou anual e realizar aulas sobre regras de segurança e utilização de equipamento de proteção individual (TROXLER, 2010).

orientação de seu trabalho ou destino projetual, observando-se a obrigatoriedade do compartilhamento do conhecimento estudado e desenvolvido nesses laboratórios (EYCHENNE; NEVES, 2014).

Segundo a *Fab Charter* (2015), uma “carta de princípios” ou regulamento de funcionamento e implementação de FabLabs, são três os possíveis modelos de negócio para Fab Labs: acadêmicos, profissionais e comunitários. Independentemente dessa característica, um interesse em comum é a disseminação da cultura *open-source* (EYCHENNE; NEVES, 2014).

A prefeitura da cidade de São Paulo recentemente implementou doze laboratórios deste tipo, em um esforço que se resultou na maior rede de Fab Labs públicos do mundo (PREFEITURA, 2015). A organização Fab Lab possui atualmente (a consulta ao sistema foi realizada em janeiro de 2016) 605 laboratórios espalhados em 83 países, sendo 15 deles no Brasil em cidades como Brasília, Belém, Cuiabá, Curitiba, Sorocaba, Florianópolis, Recife, São Paulo, Porto Alegre e Rio de Janeiro (FAB LABS, 2016).

Segundo Gershenfeld (2005), os Fab Labs, através de suas atividades envolvendo a aprendizagem e a utilização das máquinas de Fabricação Digital, são um dos grandes responsáveis pela motivação de um novo hábito de criação e consumo de produtos digitais personalizados. À esta maneira conjugada com que o usuário passa a ter acesso e controle da produção é dado o nome de “*prosumption*” (uma união dos termos *production* e *consumption*), sendo o consumidor um “*prosumer*” - para quem a produção virou parte do processo de consumo (TOFFLER, 1980 apud KOHTALA, 2014).

Assim que os projetos são compartilhados livremente através da internet e os meios de produção acessíveis, Gershenfeld (2005) defende que os paradigmas de manufatura e de consumo em massa são contrariados pelas atividades de *produção coletiva e comum entre pares (commons-based peer production - CBPP)*. Esta expressão, que não possui tradução literal em português, nada mais é que a prática de “*prosumption*” quando esta envolve

a colaboração entre pares, ou *peer-to-peer* (P2P) (KOHTALA, 2014). Isto significa, em outras palavras, que este modelo emergente se utiliza da energia criativa de um grande número de consumidores coordenadamente, usualmente através de uma plataforma digital e fora dos parâmetros tradicionais de organizações hierárquicas e mercantis, resultando numa provisão pública de recursos comuns, a todos (P2PVALUE, 2016). Exemplos da CBPP estão em sua maioria na área de desenvolvimento de *software* (e.g. o sistema operacional Linux e o servidor web Apache), porém já envolvem também os domínios da cultura, educação, conhecimento e compartilhamento, como a *Wikipédia*, o *Open Street Map* e as licenças *Creative Commons* (TROXLER, 2010). Pode-se citar também como exemplo o projeto Innonatives²⁴, o qual teve a participação direta do Núcleo de Design & Sustentabilidade (NDS) no seu desenvolvimento e implementação, que tem como propósito a aplicação de abordagens abertas orientadas à multidão (*crowd-design*, *crowd-funding*, *crowd-voting*) em projetos orientados à sustentabilidade, além da publicação de Oliveira et al. (2015) a este respeito.

Quando a CBPP envolve artefatos físicos, Troxler (2010) passa então a chamá-la de “*commons-based peer production of physical goods*”, ou então “*fabbing*”, para Gershenfeld (2005). Entre as iniciativas existentes estão as de fabricação pessoal, que fazem com que seja possível manufaturar seus próprios objetos e as de *open-source hardware*, como o projeto RepRap²⁵ de desenvolvimento aberto de uma impressora 3D.

Outro destaque vai para a comunidade *Open Source Ecology* (OSE) nos Estados Unidos, concentradora de fazendeiros, construtores e empreendedores no desenvolvimento de soluções que viabilizem uma economia aberta. Segundo Macul (2015), que avaliou a OSE em sua dissertação, sua atividade principal envolve o desenvolvimento de uma família completa de equipamentos requeridos por uma pequena propriedade rural. Busca desenvolver equipamentos de baixo custo de maneira a viabilizar

²⁴ Disponível em: <https://www.innonatives.com/>.

²⁵ Disponível em: <http://reprap.org/>.

pequenas comunidades sustentáveis, permitindo que estas desfrutem dos confortos da modernidade difundidos na sociedade. Entre os equipamentos estão: os de uso agrícola - pulverizador de solo, cortador de feno e semeadora; de uso industrial - fresadora CNC, scanner 3D e prensa; de construção civil - misturador de cimento, trator e retro-escavadora; de geração de energia - motor à vapor, turbina à vento e gerador elétrico; de transporte - carro e caminhão. Todas as documentações do projeto estão disponíveis para que sejam utilizadas, estudadas, modificadas e distribuídas livremente, sob o paradigma *open-source* (OPEN SOURCE ECOLOGY, 2016).

Na sequência são apontadas algumas razões para que se apliquem estruturas geograficamente distribuídas de produção.

2.2.3 Críticas à Produção Centralizada

De acordo com Gwamuri et al. (2014), a história da produção em massa precede a primeira Revolução Industrial, sendo inicialmente motivada pela necessidade de equipar grandes exércitos com armas padronizadas. Em termos de economia de escala, esta maneira de produzir proporciona uma grande vantagem sobre os custos que envolvem a produção. Segundo o autor, entre elas pode-se citar uma economia na compra de matéria-prima, componentes e suprimentos através de contratos de longo prazo, vantagens tecnológicas de se produzir em grande quantidade (e.g. menor energia utilizada na fabricação por unidade de produção), favorecimento das condições de financiamento e acesso ao capital e outros instrumentos financeiros, o marketing e o aumento de especialização entre funcionários. Essa estrutura centralizada de manufatura encontrou no final do século 19 e início do século 20 os meios tecnológicos e gerenciais para que se difundisse de maneira global.

Apesar disso, a produção em massa encontra dificuldade de ser viabilizada quando há demandas particulares e em pequenos volumes, e quando não há recursos econômicos para sustentar grandes investimentos

em capital fixo na infraestrutura de produção e logística. Neste contexto se inserem a customização em massa e as Economias Distribuídas.

Existem razões substanciais para que se apliquem estruturas geograficamente distribuídas de produção. Estas estão principalmente ligadas a questões de desenvolvimento social e acesso a bens de consumo em comunidades distantes dos centros de fabricação, bem como a valorização da preservação do meio ambiente. A chegada de uma indústria tradicional em uma nova região é geralmente vista como uma condição benéfica, significando melhores salários, transportes e oportunidades de comunicação, por exemplo. Apesar disto, Johansson (2005, p. 974), indica uma série de efeitos negativos que estão relacionados com o crescimento deste tipo de estrutura, que se manifestam da seguinte maneira:

- Aumento da vulnerabilidade e rigidez em atividades econômicas regionais;
- Criação de problemas ambientais resultantes do desenho característico do sistema de produção centralizado, principalmente relacionados às extensas atividades logísticas;
- Distanciamento entre os indivíduos e as decisões de produção, resultando em dificuldades de responder às necessidades verdadeiras do consumidor.
- Reestruturação contínua e dolorosa de indústrias e terceirização da produção em países com baixos custos de produção;
- Diminuição da qualidade dos produtos devido às pressões para redução de custos advindas da comoditização;
- Centralização da criação de valor, resultando em empobrecimento mental e cultural.

Segundo Vezzoli e Ceschin (2008), outros exemplos dessa dinâmica incluem:

- Enfraquecimento da possibilidade dos atores locais terem propriedade e controle sobre seu ambiente econômico imediato;
- Distorção ou destruição de identidades culturais.
- Pouco aproveitamento das competências locais.

Em um passado recente foram realizados esforços para a descentralização de unidades de produção para países com baixos custos, a fim de que se suprisse uma demanda global com uma diminuição significativa dos custos de produção. Os facilitadores dessa mudança estão relacionados a abertura de novos mercados e a diminuição dos valores de transporte, logística e comunicação no início dos anos 90. Apesar disso, a estrutura centralizadora de produção esteve presente nessa empreitada, o que acabou por desestimular esta tendência nos últimos anos, principalmente por razões de perda de flexibilidade e problemas relacionados à qualidade dos produtos ofertados (VDI, 2012 apud MATT et al., 2015). Estes fatos acabaram por gerar um novo conceito de produção “glocal” (conjunção das palavras “global” e “local”), onde se combinam os objetivos do mercado global com o preenchimento dos requisitos de consumidores locais (SCHMID; GROSCHE, 2008).

Analisando estes eventos, Matt et al. (2015) percebem há uma preponderância para a adoção de sistemas distribuídos de produção em um futuro próximo, forçada principalmente pela alta nos preços do petróleo e da alta emissão de CO₂, que se refletirão na alta dos custos de logística em médio a longo-prazo. Sendo assim, a pesquisa de novas formas de Produção e Design Distribuídos se justificam e se tornam importantes à medida em que certas práticas começam a ser cuidadosamente repensadas.

2.2.4 Tendências para futuros sistemas de Produção e Design Distribuídos

Conforme observado, paradigmas de projeto e produção tendem a se alterar à medida em que são requisitadas novas formas de redução de

prazos e custos de entrega, que permitam que estes sejam mais sustentáveis e que proporcionem a flexibilidade necessária para o atendimento da demanda de consumo de produtos cada vez mais individualizados.

Além destas previsões, Matt et al. (2015) apontam outras tendências que futuros sistemas de Produção e Design Distribuídos poderão contemplar de acordo com suas observações: a democratização do *Design*, em que usuários finais participam da criação de produtos através de ferramentas do Design Digital; a ênfase na proximidade entre consumidor e o mercado; o uso inteligente e adequado de recursos; o regionalismo e a autenticidade de características locais.

Neste mesmo sentido, como forma de mapear as atividades e pesquisas atuais e emergentes sobre a Produção Distribuída, Kohtala (2014) analisa artigos diferentes sobre o tema e conduz uma investigação que, entre outros objetivos, implica na criação um mapa conceitual que auxilia o entendimento da matéria. Nesta representação gráfica disposta sobre eixos cartesianos, os quadrantes não possuem fronteiras rígidas, sendo estas uma transição contínua. Como a Produção Distribuída, no seu entendimento, pode ser conduzida por razões econômicas ou não, a autora destaca em dois extremos do gráfico onde essas situações se aplicam.

Kohtala (2014) propõe a utilização da “escala de produção” e o “nível de controle sobre o input do usuário” como critérios para apontar a adequação da utilização ou não da Fabricação Digital nos casos explorados. Ao longo do eixo X, há uma variação quanto à escala de produção, podendo esta ser maior ou menor, de acordo com o posicionamento no gráfico. Sobre o eixo Y se mede a possibilidade de controle do usuário sobre a produção, sendo este mero consumidor ou então um *prosumer* (vide figura 2-19).

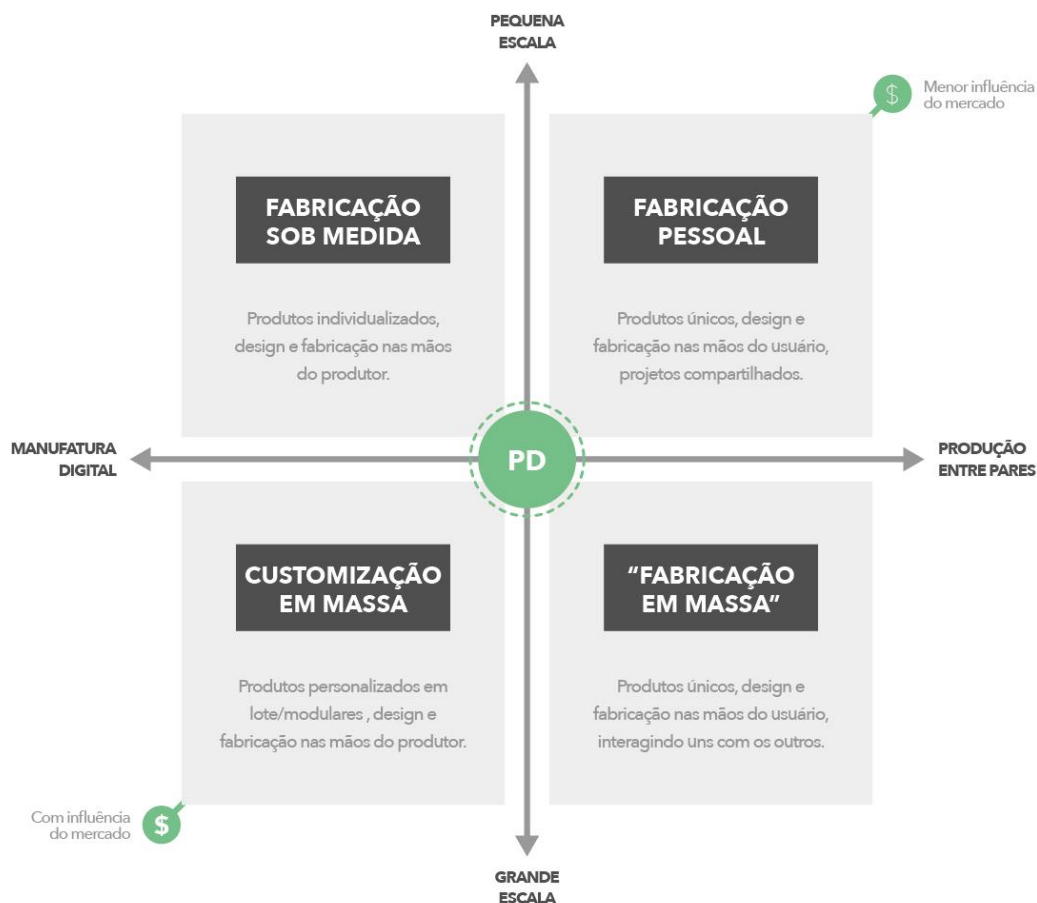


Figura 2-19: Conceituação do panorama da Produção Distribuída.
Fonte: Adaptado de Kohtala (2014).

A parte inferior reflete as modalidades que mais se aproximam do paradigma da indústria atual. É ali que se encontra a *customização em massa* (tradução de “mass customization”), o tema mais frequente nos documentos consultados por Kohtala (2014), tendo sido abordado e exemplificado anteriormente no presente trabalho. Neste caso há um claro foco no controle do *input* do usuário, ofertando a personalização através de lotes de produção ou o emprego de módulos (KOHTALA, 2014).

A *fabricação pessoal* (tradução de “personal fabrication”), por sua vez, é destacada também como uma tendência para sistemas de Produção Distribuída. Disposta no quadrante superior direito da figura 2-19, nela os usuários possuem autonomia do meio de produção, criando e modificando a estrutura de produtos de acordo com sua própria unidade de satisfação. A atividade *maker* hospedada em *makerspaces* ou Fab Labs, que se dá através

de pequenas escalas de produção, materiais e equipamento, é um exemplo desta abordagem (KOHTALA, 2014).

No quadrante inferior da direita, a “*fabricação em massa*” (tradução de “mass fabrication”, abordagem que, segundo a autora, é diferente do “mass production” - a modalidade mais reproduzida atualmente pela indústria) é definida por Kohtala (2014) como uma atividade semelhante à da fabricação pessoal, porém em grandes dimensões. Esta modalidade ainda não é presente nas situações do cotidiano, porém foi teorizada em artigos acadêmicos revisados pela autora. Um exemplo dessa “fabricação em massa” seria uma versão material do desenvolvimento e compartilhamento de conteúdo entre pares visível na internet atualmente, com ênfase do usuário sobre o que é projetado e materializado.

O último tema que Kohtala (2014) considera relevante no âmbito da Produção Distribuída se refere à *fabricação sob medida* (tradução de “bespoke fabrication”), que envolve uma pequena escala de produção na qual as decisões de projeto e produção ficam nas mãos do fabricante, apesar de seus serviços serem acionados através da entrada de dados por parte do usuário. Um exemplo clássico para esta abordagem é o ofício de alfaiataria, que consiste na criação de roupas masculinas de forma artesanal.

Após a apresentação das abordagens mais relevantes para a Produção e Design Distribuídos, considera-se importante dizer como estas se relacionam com o morador de Habitação de Interesse Social. Esta tarefa será conduzida na próxima seção.

2.2.5 Produção e Design Distribuídos e o morador de HIS

De acordo com o Centro de Excelência em Varejo da FGV (CEV FGV, 2013), a população de baixa renda no Brasil representa cerca de 40% da população, algo como 80 milhões de pessoas. Dentro deste universo, a População Economicamente Ativa recebe menos que três salários mínimos

por mês e, ao menos nesse quesito, estão aptas para participar de programas governamentais de habitação brasileiros (MCIDADES, 2009).

Nesse sentido, Moreira (2014) enxerga uma retomada da questão da Habitação de Interesse Social pelos poderes públicos na atualidade. Através de um entendimento mais consolidado entre organismos governamentais, planos começaram a ser elaborados, colocando ao centro da discussão a necessidade de se promover a melhoria das condições da população de baixa renda, integrando unidades habitacionais à vida na cidade.

Dessa forma, a Produção e Design Distribuídos podem se tornar abordagens complementares importantes na tarefa de elevação das condições socioeconômicas de toda esta população. Como exemplo desta dinâmica, pode-se citar Johansson (2005), que afirma que os integrantes deste grupo poderão se beneficiar através da possibilidade de capacitação e atuação em atividades que envolvem sistemas distribuídos.

A proximidade de pequenas unidades de fabricação aos moradores de Habitação de Interesse Social, enquanto consumidores, poderá resultar também em um melhor entendimento dos problemas que afligem destes sujeitos. Dessa forma há a viabilidade de entrega e suporte mais rápido a serviços e produtos locais, os quais estão diretamente relacionados com as necessidades do público de baixa renda (KOHTALA, 2014).

Outras implicações diretas para este grupo social podem ser vistas na próxima seção, onde serão exploradas as implicações da Produção e Design Distribuídos nas três dimensões da sustentabilidade.

2.2.6 Implicações da Produção e Design Distribuídos para a sustentabilidade

Nesta seção serão demonstrados os possíveis impactos das abordagens de Produção e Design Distribuídos em relação a sustentabilidade. Pode-se antecipar, no entanto, que algumas das questões

levantadas são merecedoras de investigação empírica mais aprofundada, já que a maior parte dos estudos encontrados na literatura permanecem conceituais. De acordo com Kohtala (2014), essa condição é atualmente um obstáculo à uma visão baseada em evidências do fenômeno.

Na dimensão ambiental da sustentabilidade, a ênfase que se dá para estas abordagens está relacionada ao alívio na emissão total de monóxido de carbono proveniente do transporte de produtos que não possuem um pedido efetivo (STEFFEN; GROS, 2003). Ao conferir proximidade com o usuário, há uma diminuição de grandes operações logísticas, com a possibilidade de redução da quantidade de material utilizado em embalagens. Kohtala (2014), no entanto, diz que ainda não foram realizadas pesquisas sobre como e quando a descentralização do projeto e da produção pode reduzir o impacto negativo no ambiente. O artigo de von der Gracht e Darkow (2010), por exemplo, indica que a produção descentralizada de artefatos em fábricas menores não levará a mudanças estruturais significantes para a indústria da logística em 2025.

Kohtala (2014) afirma que há também o potencial para uma produção mais enxuta e limpa em comparação à produção em massa, diminuindo ou erradicando os problemas ambientais decorrentes dessa abordagem. Além disso, a Produção e Design Distribuídos favorecem a utilização de recursos locais, o que pode causar a ampliação do valor econômico dos produtos que os utilizem de forma inteligente.

No que se refere à dimensão social da sustentabilidade, são abertas oportunidades de concepção de atividades locais ligadas em rede e em pequena escala. Isso pode contribuir para que os indivíduos ali estabelecidos tenham propriedade e controle sobre seu ambiente econômico, abastecendo o mercado e impedindo a fuga de capitais da região (JOHANSSON, 2005). Essa condição só é factível através da possibilidade de deslocamento da produção conduzida pela utilização de equipamentos de Fabricação Digital. Posteriormente, isto pode induzir à criação de melhores condições de trabalho, com efetiva satisfação das pessoas, e o aumento da qualidade de vida para as pequenas comunidades, implicando na construção de uma

sociedade que respeite os direitos humanos e a liberdade, na redução da pobreza e da injustiça, no acesso melhorado à bens de consumo e à informação (JOHANSSON, 2005; VEZZOLI; CESCHIN, 2008).

Ao redistribuir a informação em rede, são abertas novas oportunidades de capacitação e participação de novos usuários, permitindo que comunidades tenham pleno acesso a recursos potenciais do desenvolvimento *open-source*, por exemplo (KOHTALA, 2014). Projetos específicos, neste contexto, podem ser compartilhados em escala global, onde outras pessoas poderão encontrar neles suas necessidades particulares. Há, nesse sentido, a possibilidade da promoção de valores, culturas e saberes de determinada região.

Esta colaboração entre pares, característica dos movimentos *maker/open-source*, não possui hierarquia centralizadora, o que também pode contribuir para a coesão social. Neste sentido, a possibilidade de customização rápida é um componente que facilita uma produção mais sustentável, ajudando indivíduos na realização de projetos antes impensáveis, não contemplados pela indústria de massa, através de um conhecimento global, que pode ser gerido por demanda, sem se basear em estoques (PEARCE et al, 2010).

Por fim, na dimensão econômica, Johansson (2005) afirma que as Economias Distribuídas são capazes de gerar impactos econômicos positivos em uma escala macro. O tamanho reduzido do seu “sistema industrial” oferece muitas vantagens no que diz respeito à flexibilidade na linha de produção e à resiliência econômica. Neste contexto está a possibilidade de inclusão de novos atores em sistemas, de fomento do empreendedorismo local e a habilidade de redução do tempo de resposta aos sinais de mercado, criando soluções diversificadas, muitas vezes sob demanda e sem utilização de estoque, para suprir necessidades individuais ou locais de um maior número de pessoas. Neste contexto, muitos consumidores adotam, através de novas condições de interatividade produtor-consumidor em sistemas de projeto e produção, uma postura ativa na concepção de ideias, demandas e desejos (JOHANSSON, 2005).

De acordo com Santos et al. (2011), a promoção de organização em rede acaba por reduzir as demandas de material e capital para o desenvolvimento de um produto ou serviço. Isto também está relacionado à uma melhor disseminação de benefícios econômicos para uma quantidade maior de pessoas e de organizações que estão articuladas em rede (SANTOS et al., 2011). Destaca-se também a possibilidade de transformação de recursos e culturas locais em valor econômico, gerando competitividade direta com os demais produtos do mesmo segmento disponíveis no mercado (PEARCE et al, 2010).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este capítulo caracteriza o problema de pesquisa sob o ponto de vista bibliométrico, justifica a escolha do método e descreve o protocolo de coleta e análise de dados utilizados na presente investigação.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como apresentado no capítulo 1, a presente dissertação tem como questão central: “como integrar a Produção e Design Distribuídos com as possibilidades oferecidas pela Fabricação Digital na produção de produtos orientados à Habitação de Interesse Social”?

Para caracterização do problema adotou-se uma abordagem bibliométrica, tendo sido realizada inicialmente uma busca por teses e dissertações no Banco de Teses da CAPES (2015) publicadas entre os anos de 2010 a 2015 na área do *Design*, a fim de permitir a análise da evolução as pesquisas sobre os temas relacionados e as respectivas áreas do conhecimento.

O quadro a seguir apresenta quais as palavras-chave consultadas e a quantidade de resultados obtidos nessa busca.

Tabela 3-1 - Quantidade e área de trabalhos identificados na pesquisa de teses e dissertações.

Palavras-chave	Quantidade
Arranjo Produtivo Local	20
Território	14
Prototipagem Rápida	10
Fab Lab	5
CNC	4
Tecnologia 3D	3

Manufatura aditiva	3
Open Design	3
Fabricação Digital	2
Produção Local	2
Distribuída	1
Inovação Aberta	1
Movimento Maker	1
Faça-você-mesmo	1
Open Source	1
Produção Distribuída	0

Fonte: Elaborado pelo autor.

Verifica-se que a grande maioria das teses e dissertações identificadas não faz integração entre Fabricação Digital e Produção/Design Distribuídos como é tratado no presente trabalho. Considera-se também que a quantidade de estudos relacionados ao tema da Inovação Aberta, particularmente, é bastante diminuta.

Estes fatos motivaram uma pesquisa no Portal de Periódicos da CAPES (2015) a fim de reconhecer o estado da pesquisa no tema no âmbito da comunidade científica internacional. Os termos consultados anteriormente foram recombinaados na forma de *strings* de busca, seguindo a abordagem de Revisão Bibliográfica Sistemática proposta por Conforto et al. (2011). A tabela 3-2 apresenta a quantidade de artigos de periódicos encontrados para cada *string*, ocultando aquelas consultas que retornaram nenhum resultado. Levando em consideração a multiplicidade de áreas de abrangência dos resultados, foram enfatizados apenas os artigos da área do *Design*. Estão listados os documentos revisados por pares e publicados entre os anos de 2010 e 2015.

Tabela 3-2 - Quantidade e área de trabalhos identificados no Portal de Periódicos.

Strings de busca	Quantidade
Digital Fabrication <i>and</i> Rapid Prototyping	18
Open Innovation <i>and</i> Open Design	7
Distributed Manufacturing <i>and</i> Open Source	7
Digital Fabrication <i>and</i> Open Source	6
Distributed Manufacturing <i>and</i> Rapid Prototyping	4
Digital Fabrication <i>and</i> Open Innovation	3
Digital Fabrication <i>and</i> Distributed Manufacturing	3
Digital Fabrication <i>and</i> Maker Movement	3
Digital Fabrication <i>and</i> DIY	3
Open Innovation <i>and</i> Digital Fabrication	3
Distributed Manufacturing <i>and</i> Digital Fabrication	3
Digital Fabrication <i>and</i> Fab Lab	2
Digital Fabrication <i>and</i> Open Design	2
Digital Fabrication <i>and</i> Territory	1
Open Innovation <i>and</i> Rapid Prototyping	1
Open Innovation <i>and</i> Fab Lab	1
Open Innovation <i>and</i> Territory	1
Open Innovation <i>and</i> DIY	1
Distributed Manufacturing <i>and</i> Maker Movement	1
Distributed Manufacturing <i>and</i> DIY	1
Distributed Manufacturing <i>and</i> Open Design	1

Fonte: do autor.

Os artigos identificados apontam para a predominância de publicações em *journals* de engenharia e de materiais, focando majoritariamente em novos processos e tecnologias para sistemas industriais (24 no total). Em seguida aparecem artigos sobre as possíveis implicações econômicas, sociais e ambientais que os temas pesquisados podem

desencadear (15 artigos). Em menor número estão as publicações acerca de novas abordagens para a condução e criação de modelos de negócio (6 artigos) e também sobre a utilização de novas ferramentas e seus impactos na área da educação (4 artigos).

Ao observar o perfil e a abrangência dos temas, a evolução dessas produções no tempo (figura 3-1), bem como o pequeno número de trabalhos acadêmicos que relacionam a Fabricação Digital com a Produção Distribuída e a Inovação Aberta, julga-se que a presente pesquisa tem caráter *exploratório*. Segundo Prodanov e Freitas (2013), neste tipo de pesquisa é possível tornar a confluência dessas abordagens de maneira mais explícita, desenvolvendo-as para a formulação de novos enfoques.

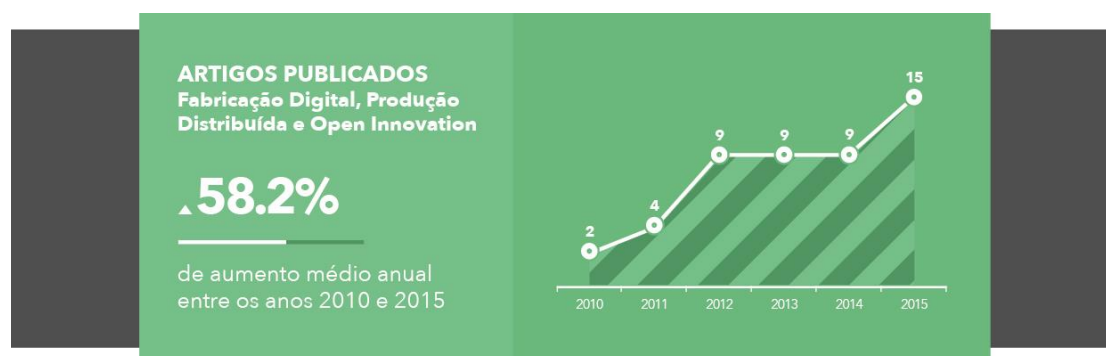


Figura 3-1: Quantidade de artigos produzidos entre 2010 e 2015.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto à sua natureza, este trabalho pode ser considerado uma *pesquisa aplicada*, pois produz conhecimento para aplicação de seus resultados na resolução de problemas e necessidades concretas, envolvendo verdades e interesses locais (PRODANOV; FREITAS, 2013). No caso da presente pesquisa, este elemento está relacionado à proposição de um cenário de oferta de mobiliário *open-source* para moradores de Habitação de Interesse Social.

Do ponto de vista da abordagem do problema, pode-se afirmar que esta pesquisa é de ordem *qualitativa*, pois traduz algo que não pode ser mensurado. Conforme Prodanov e Freitas (2013) neste tipo de pesquisa o ambiente natural é a fonte direta dos fenômenos examinados. Para Markoni e

Lakatos (1999), na pesquisa qualitativa, tais fenômenos são percebidos e entendidos pelo pesquisador de forma que se abre espaço para suas interpretações, que podem abastecer o desenvolvimento de ideias a partir de padrões encontrados nos dados.

3.2 SELEÇÃO DO MÉTODO

Tendo em vista sua característica exploratória e aplicada, o presente trabalho de pesquisa envolverá uma abordagem fenomenológica, onde o pesquisador se apoiará em um processo de contínua reflexão e validação das observações realizadas com a compreensão dos atores envolvidos, sendo ao mesmo tempo observador e observado. Neste sentido, serão definidas ações de interferência em determinado contexto que não estão orientadas aos seus resultados *per se*, mas ao processo que conduz a sua realização.

Dessa forma, baseando-se nos estudos de Thiollent (2011), Engel (2000), Franco (2005) e Gil (2002), selecionou-se o método de Pesquisa-Ação para o desenvolvimento da pesquisa de campo nesta dissertação. Este método é bastante apropriado para conhecer e intervir nas organizações, apesar de ser menos divulgado que o estudo de caso, a *survey* e outros métodos (THIOLLENT, 2011). Suas abordagens se diferem da pesquisa científica tradicional por não buscar respostas amplas e ser específica e situacional quanto aos objetivos (ENGEL, 2000).

De acordo com Thiollent (2011), as características da Pesquisa-Ação consistem na união da pesquisa à uma determinada ação, onde os atores-chave se envolvem com os pesquisadores com o intuito de entender a realidade em que estão inseridos, apontando as diversas características deste contexto. Estes indivíduos, no âmbito do presente trabalho de pesquisa, auxiliarão o pesquisador em etapas específicas de colaboração, com grande enfoque no que diz respeito à validação das tomadas de ação.

Neste sentido, o pesquisador não assume apenas o papel de expectador, mas participa amplamente das ações em si.

Utilizada em diferentes áreas do conhecimento, como educação, comunicação, tecnologia, serviço social e o *Design*, a Pesquisa-Ação está baseada na elucidação de problemas sociais e técnicos cientificamente relevantes (THIOLLENT, 2011), como é o caso desta pesquisa. Será enfatizado aqui o aprendizado obtido após aplicação de um processo empregado para alcançar determinado resultado. O conhecimento adquirido nestes termos poderá ser utilizado na resolução de problemas similares e no apoio de ações transformadoras (THIOLLENT, 2011).

Este método, segundo Franco (2005), pode se classificar como colaborativo e/ou crítico e/ou estratégico, de acordo com o processo de construção do conhecimento e do posicionamento do pesquisador. A transformação é *colaborativa* quando há um grupo previamente engajado com determinadas ações, sendo o pesquisador solicitado para fazer parte deste processo, orientando cientificamente os procedimentos de mudança desencadeados por estes sujeitos (FRANCO, 2005).

Ela se define *crítica* quando as transformações são percebidas como necessárias a partir dos trabalhos do pesquisador com os atores, através de um processo de construção cognitiva da experiência. Este processo envolve uma reflexão crítica coletiva, com o objetivo de livrar o grupo de condições as quais o mesmo considera opressoras, alterando sua práxis (FRANCO, 2005). Por sua vez, a Pesquisa-Ação é do tipo *estratégica* quando as ações são premeditadas, sem a participação direta dos demais atores nas decisões de elaboração e implementação (FRANCO, 2005).

Dessa forma, baseando-se na explanação de Franco (2005), julga-se que a última classificação, a Pesquisa-Ação “estratégica”, é a que melhor se adequa às diretrizes deste trabalho, principalmente porque há a intencionalidade do pesquisador em conduzir um processo específico, propositado à determinado contexto. No entanto, entende-se que ainda há neste caso a participação colaborativa dos atores no projeto, que são

capazes de fornecer dados estratégicos para o seu desenvolvimento e viabilidade, bem como acompanhar os efeitos das ações propostas, validando-as. Nesta ocasião os atores são encorajados a indicar possíveis melhorias ou novos modos de pensar sob suas próprias perspectivas, o que influenciará as próximas tomadas de decisão do pesquisador.

No que se refere às ações premeditadas citadas anteriormente, elas estão relacionadas à tarefa de proposição de um novo artefato intangível que utilizará determinados recursos e processos oriundos da literatura consultada, dos dados coletados em campo e da análise de iniciativas semelhantes. Os atores, neste caso, não se envolvem diretamente nas ações, assumindo um papel de caráter mais consultivo. Neste sentido, entende-se que o presente trabalho de pesquisa envolve a utilização do raciocínio abdutivo, o que lhe confere uma aproximação com o método *Design Science Research* (DSR). Além disso, o desenvolvimento de conhecimento prescritivo para a concepção e projeto de sistemas (ou artefatos), característico da DSR (LACERDA et al., 2013), também representa parte dos esforços deste trabalho. Nestes casos, a fim de permitir a reprodutibilidade e rastreabilidade das ações, os processos de criação, os parâmetros e as ferramentas utilizadas estarão sempre bem descritos neste trabalho.

Segundo Vaishnavi e Kuechler (2009 apud Lacerda et al., 2013), o DSR pode ser definido preliminarmente como um conjunto de técnicas analíticas que permitem o desenvolvimento de pesquisas em diversas áreas do conhecimento. A Pesquisa-Ação, de acordo com Lacerda et al. (2013), não é uma abordagem estranha ao *Design Science Research*, sendo métodos de pesquisa que podem se complementar no alcance de determinado objetivo.

3.3 ESTRATÉGIA DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

A estratégia adotada para o desenvolvimento desta pesquisa envolve duas etapas principais (figura 3-2, já apresentada, numerada anteriormente 1-1): 1) revisão bibliográfica assistemática e sistemática, a fim de estabelecer os principais constructos sobre Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos; 2) Pesquisa-Ação combinada com *Design Science Research*, com foco no desenvolvimento de um cenário para a utilização de equipamentos de Fabricação Digital alinhados à abordagem da Produção e Design Distribuídos na confecção de artefatos voltados para moradores de HIS.

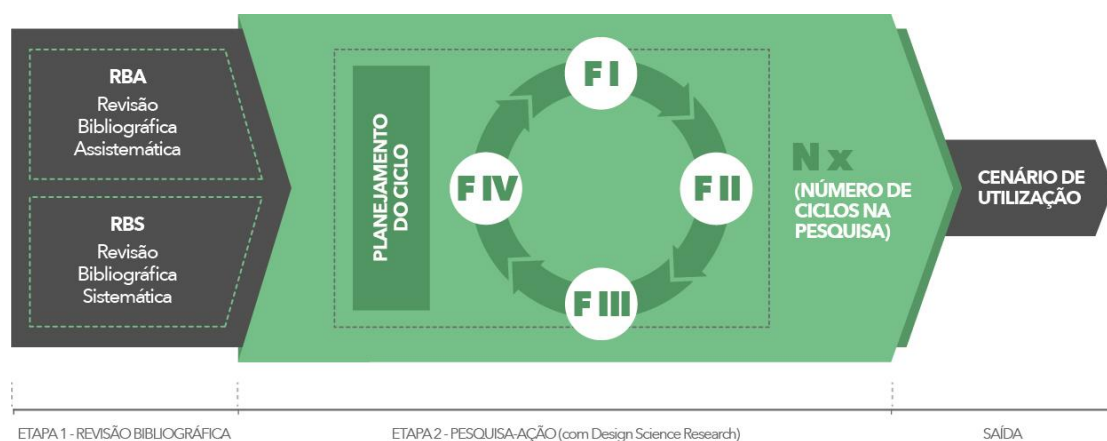


Figura 3-2: Estratégia de desenvolvimento da pesquisa.
Fonte: do autor.

3.4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

3.4.1 Revisão bibliográfica assistemática preparatória

De maneira preliminar, a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS) demandou a realização de uma pesquisa assistemática, de forma a permitir maior compreensão por parte do pesquisador acerca dos principais termos, autores e iniciativas sobre Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos. As principais fontes consultadas que compõem o conteúdo bibliográfico desta fase são:

- Livros: Métodos de pesquisa (GIL, 2002; PRODANOV; FREITAS, 2013; THIOLLENT, 2011); Sustentabilidade (MANZINI; VEZZOLI, 1998; VEZZOLI, 2010); Projeto e Desenvolvimento de Produtos (ROZENFELD et al., 2006); Prototipagem Rápida (VOLPATO et al., 2007); Movimento maker e colaboração na era da informação (ANDERSON, 2012; EYCHENNE; NEVES, 2014; GERSHENFELD, 2005; HATCH, 2013).
- Publicações periódicas científicas nacionais e internacionais: Science & Technology Policy Research, Design Studies, Automation in Construction, Journal of Cleaner Production, Journal of Sustainable Development, Nexus Network Journal, Computers in Industry, Rapid Prototyping Journal.
- Artigos científicos de conferências nacionais e internacionais no campo do *Design*: Congresso da Sociedade Ibero-Americana de Gráfica Digital, Congresso Brasileiro de Pesquisa & Desenvolvimento em *Design*, Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, Conference on Intelligent Computation In Manufacturing Engineering.
- Teses e dissertações das áreas pertinentes: Fabricação Digital (BARROS, 2011; MELLIS, 2011; SEELY, 2004; BERNARDO, 2014; PUPO, 2009); Consumo em Habitação de Interesse Social (DAROS, 2013; FUKUSHIMA, 2009; LEPRE, 2008; QUINTAS, 2016).
- Audiovisual: Impressão 3D (PRINT THE LEGEND, 2014).

3.4.2 O processo de Revisão Bibliográfica Sistemática

A Revisão Bibliográfica Sistemática subsequente permitiu que se encontrassem os artigos que caracterizam as abordagens de maneira mais aprofundada, permitindo a elaboração do referencial teórico adotado para a análise da pesquisa de campo. O método escolhido para realização da RBS

é o proposto por Conforto et al. (2011). O RBS *Roadmap* possui 15 etapas distribuídas em 3 fases: Entrada, Processamento e Saída (figura 3-3).



Figura 3-3: Protocolo para condução da RBS.
Fonte: Conforto et al., 2011.

Segundo este método, a definição do problema é o ponto de partida para a Revisão Bibliográfica Sistemática. Dessa maneira, baseando-se em uma pesquisa assistemática preliminar, visando a construção de uma pergunta clara e precisa, suscetível de solução e delimitada a uma dimensão viável, foi formulada a seguinte questão: *Como orientar a Fabricação Digital para processos de Produção e Design e Distribuídos na concepção de artefatos para Habitação de Interesse Social?*

Em seguida, foram delimitados os objetivos da pesquisa, estipulados a fim de que sirvam de base para a análise dos artigos encontrados nas buscas, de acordo com Conforto et al. (2011). São dois: (A) identificar possíveis aplicações, benefícios e impactos da utilização da Fabricação Digital, considerando suas dimensões sociais, econômicas e ambientais; e (B) explorar os principais enfoques da Produção e do Design Distribuído, expondo as características destes modelos quando utilizado em conjunto da Fabricação Digital.

Como fonte primária, foi estabelecido que as buscas se concentrariam no Portal de Periódicos da CAPES (2015), com foco em artigos de periódicos revisados por pares. Através da revisão assistemática citada anteriormente, foram selecionadas as *strings* de busca para que se

combinassem as melhores palavras referentes aos assuntos abordados nesta pesquisa: “Digital Fabrication”, “Distributed Manufacturing” e “Open Innovation”, com uma seleção de palavras-chave complementares que possuem significados diretamente relacionados ou representam parte do universo do tema proposto. A lista de *strings* de busca e seus resultados foram apresentados na tabela 3-2 da seção 3.1, onde há a caracterização do problema de pesquisa. Os trabalhos foram, seguindo-se o primeiro ciclo de Conforto et al. (2011), avaliados pelo título, resumo e palavras-chave.

Seguindo os procedimentos da RBS proposta por Conforto et al. (2011), a etapa subsequente é a definição dos critérios de qualificação dos artigos encontrados. Estes parâmetros podem ser vistos no quadro 3-1:

Quadro 3-1: Critérios de qualificação dos artigos da RBS.

Período	Publicações entre os anos de 2000 e 2015
Idioma	Escrita na língua inglesa
Procedência	Artigos revisados por pares
Relevância	Pertinência ao tema de pesquisa
Presença	Qualificação de acordo com o número de citações

Fonte: do autor.

Após os procedimentos da fase de “Processamento”, na qual são realizados os filtros de leitura, documentação e análise, foi realizada a última etapa do método de Conforto et al. (2011), denominada “Saída”. Nela, 16 textos foram documentados no aplicativo de gerenciamento de conteúdo Mendeley (2015), o qual auxiliou nos apontamentos, na síntese e no relato dos resultados. Alguns autores imprescindíveis para a realização da presente dissertação foram encontrados utilizando este método, os quais podemos citar: Kohtala (2014), Sass (2007), Troxler (2010), Oxman (2006), Benkler (2006) e Smith et al. (2013).

3.5 UNIDADE DE ANÁLISE

Considera-se a unidade de análise deste estudo o processo de concepção de um Sistema eco-eficiente que utilize as estratégias de Fabricação Digital e de Produção e Design Distribuídos voltado para a oferta de artefatos *open-source* para moradores de Habitação de Interesse Social.

3.6 PROTOCOLO DE COLETA DE DADOS

3.6.1 Visão geral do protocolo de Pesquisa-Ação

Comparativamente, o planejamento da Pesquisa-Ação se destoa em sua organização em relação a outros tipos de pesquisa, envolvendo a ação do pesquisador e grupos interessados através de fases que não estão necessariamente estabelecidas em uma ordem cronológica. Neste caso, costuma-se apresentar um conjunto de ações as quais o pesquisador transita flexivelmente, através de “idas-e-voltas” determinadas pela relação do pesquisador com a situação pesquisada (GIL, 2002).

A Pesquisa-Ação, quanto às suas readequações e alterações durante seu processo, pode ser descrita como uma espiral cíclica, ou uma “retomada em processo das ações, análises, reflexões, numa dinâmica sempre evolutiva” (FRANCO, 2005, p. 487). Vários autores têm sua própria versão das “fases”, que se diferenciam em seus pormenores (GIL, 2002). Para este trabalho foi estabelecida uma proposta para a condução da Pesquisa-Ação em um processo cíclico composto por 4 fases, baseado nos estudos de Westbrook (1995), Tripp (2005), Coughlan e Coughlan (2002), Thiollent (2011) e Turrioni e Mello (2011):

- Fase I: Coleta de dados
- Fase II: Análise dos dados e planejamento das ações
- Fase III: Implementação das ações

- Fase IV: Avaliação dos resultados

A figura 3-4 demonstra a estrutura para a condução dos ciclos de Pesquisa-Ação e suas respectivas fases. O primeiro passo se dá com o planejamento geral do ciclo, que guiará as atividades desenvolvidas em toda sua extensão, relatando inclusive as ferramentas de coleta, análise, implementação e avaliação que serão utilizadas.



Figura 3-4: Estrutura para a condução dos ciclos de Pesquisa-Ação.
Fonte: Adaptado de Turrioni e Mello (2011).

Vale lembrar que a abordagem da presente pesquisa é do tipo estratégica (FRANCO, 2005), sendo que as ações são premeditadas majoritariamente, sem a participação obrigatória dos grupos engajados nas decisões de elaboração (Fase II) e implementação (Fase III). Apesar disso, os atores-chave participarão ativamente da pesquisa e fornecendo dados (Fase I) e avaliando os resultados (Fase IV).

3.6.2 Critérios de seleção dos atores-chave

Durante a condução do capítulo 4, que explora as análises e resultados oriundos da pesquisa de campo, foram definidos os atores-chave que efetivamente participarão da Pesquisa-Ação. Na sequência são listados estes agentes, além dos critérios gerais para suas seleções.

a) **Makers**, que utilizarão o pensamento coletivo para projetar soluções para móveis que supram necessidades específicas de moradores

de Habitação de Interesse Social. Deverão possuir ao menos uma das seguintes habilidades:

- Experiência prévia em atividades práticas ou acadêmicas de projeto de sistema e/ou produto;
- Domínio da utilização de ferramentas de Fabricação Digital;
- Domínio de softwares de modelagem digital;
- Conhecimento das particularidades que envolvem o projeto *open-source*;
- Experiência no projeto de mobiliário residencial.

b) **Fabricantes digitais**, que atuarão no fabrico de peças de mobiliário e seus acabamentos, além de efetuar a entrega e a montagem. Seus requisitos para participação são:

- Possuir máquina de fresamento CNC, que é o processo selecionado de Fabricação Digital que será utilizado para a confecção do mobiliário desenvolvido na pesquisa;
- Possuir as seguintes ferramentas: computador com *software* próprio para o projeto do plano de corte, fresas de quatro cortes e oito milímetros de diâmetro no mínimo, “sargento” para fixação da chapa à mesa de corte, lixadeiras para acabamento das peças, martelo comum e de borracha para pré-montagem, cola de contato e outros elementos de fixação de superfícies, tais como pregos e parafusos;
- Possuir a capacidade e a disposição de realizar a prática de corte de chapa de compensado em fresadora CNC sob demanda;
- Possuir, preferencialmente, a capacitação e os recursos para a montagem e para o acabamento final da peça finalizada;
- Estar estabelecido em uma das cidades da região metropolitana da cidade de Curitiba.

c) **Consumidores** de baixa renda, moradores de Habitação de Interesse Social, que utilizarão o serviço proposto. Estes deverão:

- Ser moradores de Habitação de Interesse Social de baixa renda;
- Possuir acesso à internet, seja através de computadores, celulares ou outros equipamentos eletrônicos;
- Já ter realizado compra online ou, ao menos, já ter acompanhado este processo.

d) Uma “**plataforma**” – entidade/empresa que se encarrega da gestão do sistema de compras, fabricação e entregas *online*. No caso da presente pesquisa estas atribuições serão simuladas, dispensando a participação de um ator real. Destaca-se, no entanto, que a presença deste elemento é fundamental para o funcionamento do Sistema que será proposto.

3.6.3 Fases da Pesquisa-Ação

3.6.3.1 Fase I: Coleta de dados

A Pesquisa-Ação pode envolver diversas técnicas para a coleta de dados, sendo a entrevista, o questionário e a observação participante as mais recorrentes (TURRIONI; MELLO, 2011). Como este método tem por definição a dinâmica maleável entre pesquisador e grupos interessados, dá-se preferência ao uso de ferramentas flexíveis, em oposição às técnicas padronizadas realizadas no modelo clássico da investigação científica (GIL, 2002). No caso da presente pesquisa, a coleta de dados será executada em processos cíclicos, sempre preparando o diálogo do pesquisador com os interlocutores para o desenvolvimento de *workshops*. Os fluxos de informação acontecerão através de reuniões com os atores engajados, realização de entrevistas, análise documental, além da realização destes *workshops*. A utilização de dados coletados dos interlocutores ocorre mediante apresentação da Carta de Apresentação (Apêndice A) e aprovação

do Termo de consentimento (Apêndice B) e do Termo de Autorização (Apêndice C).

A coleta de dados poderá ocorrer individualmente, através da consulta de um só indivíduo, ou de maneira simultânea, em grupo. O que determinará isto serão as estratégias concebidas para cada ciclo de ação, que poderão demandar a escolha de uma destas duas abordagens. A disponibilidade dos atores para atender à uma reunião em grupo também poderá orientar esta decisão.

Por ser, de fato, o primeiro passo de cada ciclo da Pesquisa-Ação, a fase de coleta também é o momento onde os dados do ciclo anterior são atualizados, compatibilizando as informações coletadas.

3.6.3.2 Fase II: Análise dos dados e planejamento das ações

A análise dos dados é a atividade subsequente à etapa de coleta e, segundo Gil (2002), pode ocorrer de maneira semelhante à pesquisa clássica, por meio de categorizações, codificações, tabulações e generalizações, bem como de maneira a se privilegiar uma discussão e interpretação em torno dos dados obtidos. Levando-se em consideração que a escolha do tipo de organização e tratamento devem ser orientados ao conteúdo coletado nesta pesquisa, sabendo-se que neste caso ele é predominantemente qualitativo, foi feita a opção pela segunda modalidade de análise supracitada.

Para tanto foi determinada a utilização da proposta de Miles e Huberman (1984) para a análise dos dados, que oferece uma sistematização desta tarefa para abordagens qualitativas. Neste método são identificadas três etapas, a saber: (a) redução dos dados, (b) exibição dos dados e (c) verificação e conclusão.

Na etapa (a), denominada *redução dos dados*, os dados coletados são submetidos a um processo de seleção, concentração, simplificação e

sumarização, de forma a reduzi-los ao essencial para presente pesquisa (MILES; HUBERMAN, 1984). Na sequência, a etapa (b) se refere à “montagem” organizada das informações anteriores, de forma a facilitar as inferências sobre este conteúdo. Miles e Huberman (1984) sugerem que se dê ênfase na utilização de representações visuais, tais como gráficos ou esquemas, no lugar de modos narrativos. Por fim, durante a etapa (c) acontecem as verificações e conclusões baseadas nas informações da etapa anterior, o que demanda do pesquisador o pensamento crítico e a habilidade para a identificação de possíveis padrões, explicações, configurações e proposições (MILES; HUBERMAN, 1984).

Quanto à elaboração do plano de ação, este buscará indicar caminhos possíveis para a solução dos problemas da presente pesquisa, deixando claro quais os passos que serão realizados. Estes passos serão definidos especificamente para cada ciclo da Pesquisa-Ação e descritos no capítulo de resultados. Apesar disso, será utilizada uma estrutura básica para o plano de ação, que deverá ser respeitada em todos os ciclos. Baseando-se nas recomendações de Gil (2002), deverão ser indicados os seguintes pontos:

- Quais as ações que serão desempenhadas;
- Quais objetivos que se pretende atingir;
- Qual será a população beneficiada/afetada.

3.6.3.3 Fase III: Implementação das ações

Depois de definidas quais e de que maneira as ações serão tomadas, acontece a etapa de implementação. A prática que envolve esta atividade está ligada às medidas e procedimentos que irão contribuir para a alteração de determinado contexto, sendo baseadas nas etapas anteriores (GIL, 2002) e relatadas nas seções respectivas de cada ciclo. Neste sentido, todos os requisitos percebidos anteriormente devem ser monitorados durante as ações

como forma de manter-se sempre orientado à teoria e às avaliações dos atores.

Todo o resultado desta fase (a ação em si) deverá ser documentado para a avaliação dos atores-chave durante a fase IV. Dessa maneira, verifica-se a necessidade de sistematização da construção de um relatório preliminar simplificado, indicando as atividades desenvolvidas e, assim, colocando os atores entrem em contato com estas ações.

Tal relatório deverá conter:

- As atividades desempenhadas;
- Os objetivos atingidos com as ações propostas;
- Os impactos e relações desencadeados pelas decisões tomadas entre os atores.

3.6.3.4 Fase IV: Avaliação dos resultados

O protocolo de coleta de dados prevê realização de uma reflexão acerca da ação realizada a cada ciclo, aferindo-se os erros e acertos e apontando as lições aprendidas para o próximo. Independentemente de os resultados serem positivos ou não, esta avaliação é importante para que o próximo ciclo se beneficie da aprendizagem coletiva derivada da ação (COUGHLAN; COGHLAN, 2002).

Esta fase é representada por uma discussão das ações tomadas junto dos atores selecionados no âmbito de reuniões, a fim de que se valide os *outputs* resultantes dos esforços empregados durante toda a condução da Pesquisa-Ação. Poderão ser utilizadas ferramentas complementares para este fim, de acordo com as particularidades de cada ciclo. Além disso, o relatório proveniente da fase anterior será apresentado aos atores-chave para que estes saibam o que já foi desenvolvido.

Em contrapartida, os atores deverão fornecer suas impressões sobre o conteúdo exposto, que serão consideradas para as fases do próximo ciclo. Caso haja qualquer tipo de discordância ou disparidade de ideias, seja entre investigador e investigado, bem como entre os próprios atores, cabe ao pesquisador liderar e orientar as decisões com base em um texto argumentativo.

A atividade final do ciclo de Pesquisa-Ação acontece após as avaliações, com o desenvolvimento de um relatório técnico que deverá ser encaminhado a todos os atores engajados, seja impresso ou através de emails. Segundo Turrioni e Mello (2011, p. 178), algumas convenções estão estabelecidas para a escrita deste, no que tange à sua estruturação. Deverão conter:

- As ferramentas utilizadas;
- A definição das ações;
- Os resultados diretos das ações desempenhadas;
- As análises por parte do pesquisador;
- O feedback dos atores-chave;
- As recomendações para a próxima fase.

Com a conclusão desta fase, o próximo ciclo é iniciado com base no relatório final, que orientará as futuras coletas e análises de dados, ações, avaliações e relatórios.

3.6.4 Planejamento geral da Pesquisa-Ação

De acordo com Turrioni e Mello (2011), os primeiros passos para o planejamento geral da Pesquisa-Ação está no entendimento do contexto do projeto das ações. Esta compreensão parte da definição de um problema e de uma revisão de literatura prévia e análise de oportunidades de pesquisa.

Neste caso o pesquisador deve indagar quais as necessidades da investigação que conduz e quais as forças econômicas, políticas, sociais e técnicas que governam a necessidade para a ação. Nesta fase também são definidos os principais objetivos, o tema e a problemática da pesquisa (TURRIONI; MELLO, 2011). Estes dados podem ser conferidos nos capítulos anteriores desta dissertação.

Uma das características centrais da Pesquisa-Ação estratégica diz respeito à colaboração ativa entre os membros do sistema estudado e pesquisadores em fases-chave (em específico nas fases I e IV, de coleta e análise de dados, respectivamente) participando no apoio ao desenvolvimento da pesquisa e, dessa maneira, influenciando as tomadas de decisão do pesquisador (THIOLLENT, 2011).

Apesar disso, conforme descrito anteriormente, a Pesquisa-Ação desenvolvida no presente trabalho contará com alguns elementos do método *Design Science Research* no âmbito do Ciclo 1. Isto se refere à proposição de uma solução para uma determinada “classe de problemas” (LACERDA et al., 2013), relacionada ao alcance de melhores condições de produção e distribuição de artefatos para as dimensões econômica, social e ambiental da sustentabilidade. A solução proposta, neste caso, não é um artefato tangível, e sim a geração de um conceito para um novo Sistema aplicável e útil de oferta de mobiliário *open-source* a partir de um *benchmarking* de plataformas pré-existentes.

4 RESULTADOS E ANÁLISES

4.1 INTRODUÇÃO À PESQUISA DE CAMPO

Conforme exposto anteriormente, a pesquisa de campo desta dissertação está atrelada à implementação de uma Pesquisa-Ação, a qual envolveu a participação de um grupo de atores-chave selecionados por entre quatro ciclos de ação, que são compostos, por sua vez, de quatro fases cada um (FI – Coleta de dados; FII – Análise e planejamento; FIII - Implementação das ações; FIV – Avaliação dos resultados). A tabela 4-1 demonstra onde exatamente estes elementos – consumidores (C), fabricantes digitais (FD) e *makers* (M) – contribuíram fornecendo dados neste processo. Deve-se destacar que, mesmo que não tenham participado no fornecimento direto de dados em algumas etapas, toda as coletas das Fases I estão voltadas à conteúdos diretamente relacionados, sendo indicados pelos atores-chave ou percebidos como requisitos intrínsecos.

Tabela 4-1: Envolvimento dos atores-chave na Pesquisa-Ação.

	Ciclo 1				Ciclo 2				Ciclo 3				Ciclo 4			
	FI	FII	FIII	FIV	FI	FII	FIII	FIV	FI	FII	FIII	FIV	FI	FII	FIII	FIV
C	■			■			■	■	■		■	■	■	■	■	■
FD	■			■				■	■			■	■		■	■
M	■		■	■		■		■	■		■	■			■	■

Fonte: do autor.

Nas seções a seguir são apresentadas detalhadamente as atividades realizadas em cada ciclo da Pesquisa-Ação. Nelas, serão descritos os processos de coleta e análise de dados, o planejamento e as ações desempenhadas que permitiram a obtenção dos objetivos do trabalho, bem como as avaliações dos atores-chave para as soluções desenvolvidas.

4.2 CICLO 1 - CONCEITUAÇÃO DO SISTEMA

O Ciclo 1 tem como foco a ação de conceituação de um Sistema Produto+Serviço eco-eficiente que permita a oferta de móveis para moradores de Habitação de Interesse Social através das abordagens da Fabricação Digital e da Produção e Design Distribuídos.

Foram utilizadas neste ciclo as seguintes ferramentas: a) Benchmarking (CAMP, 1993); b) Mapa de Sistema (VEZZOLI, 2010); c) Persona (TASSI, 2016); d) Entrevista semiestruturada; e) Diagrama de polaridade (VEZZOLI, 2010); f) Workshop; g) Brainwriting 635 (BAXTER, 1998); h) Storyboard (BAXTER, 1998); i) Open Platform Design Flowchart (ZIMMERMANN, 2016); j) Brainstorming (BAXTER, 1998).

4.2.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 1

4.2.1.1 Benchmarking de plataformas compatíveis

Para subsidiar a conceituação do Sistema, esta etapa do projeto se consistiu na realização de um processo de *benchmarking* (CAMP, 1993) de plataformas similares pré-existentis, compatíveis com o presente projeto. O principal critério de seleção foi o de adoção de conceitos de Fabricação Digital, Produção Distribuída e Design Distribuído. Outro critério adotado foi o de analisar tão somente aquelas plataformas orientadas ao modelo B2B2C (Business-to-Business-to-Consumer, ou seja, da empresa à empresa ao consumidor). Isto leva em conta a possibilidade de existência de um ator que faz o serviço mediador para operacionalização informacional e logística da Produção Distribuída. Conforme Chaussard (2014), neste modelo de negócio, as vendas não são diretas ao usuário final, mas incluem a participação de uma empresa varejista próxima ao consumidor.

O processo de seleção das plataformas compatíveis utilizou como fonte principal os resultados de Basbolat (2016), que pesquisou casos para análise em sua dissertação. Foram encontradas quatro iniciativas que

atendem os critérios estabelecidos: Treatstock, Opendesk, 3D Hubs e Maketime. A tabela a seguir sintetiza as principais características destas plataformas:

Tabela 4-2: Plataformas semelhantes analisadas.

	Treatstock	Opendesk	3D Hubs	Maketime
Cliente	Consumidores	Consumidores	P. e M. empresas	P. e M. empresas
Áreas de atuação	Mundo (foco EUA e Europa)	Mundo (foco EUA e Europa)	Mundo (foco nos EUA)	Somente EUA
Tecnologia predominante	Sistema aditivo	Sistema subtrativo	Sistema aditivo	Sistema subtrativo
Atores-chave primários	Plataforma, fabricantes digitais, consumidores e makers	Plataforma, fabricantes digitais consumidores e makers	Plataforma, fabricantes digitais e consumidores	Plataforma, fabricantes, consumidores, empresa de entregas e de matéria-prima
Processo de seleção de fabricantes digitais	RFQ, centralizado na manufatura do produto e na distância do consumidor final ²⁶	RFQ, centralizado na manufatura do produto e na distância do consumidor final	RFQ, centralizado na manufatura do produto e na distância do consumidor final	Sistema centralizado na disponibilidade de maquinário e na distância do consumidor final
Estoque	Não	Não	Não	Não
Portfólio de produtos	Sim, abastecido por comunidade	Sim, abastecido por comunidade	Não	Não
Acesso aos arquivos	Mediante compra	Acesso livre e gratuito	N/A ²⁷	N/A
Licença de uso e reprodução	Definida pelo autor	Definida pelo autor	N/A	N/A
Nível de personalização	Alto (serviços (pagos de projeto individual)	Baixo (cores de revestimentos melanímicos)	Alto (produção baseada em projeto enviado)	Alto (produção baseada em projeto enviado)

Fonte: do autor.

²⁶ Request for Quotation (RFQ). Nesta abordagem os clientes solicitam informações de preço, já possuindo um escopo de trabalho, de processos e de materiais bem definidos (BERGER, 2015).

²⁷ Nestes casos, como as plataformas não possuem portfolio próprio de produtos, não há arquivos digitais que possam ser acessados, nem licenças de uso.

A Treatstock possui portfólio próprio de produtos. Todos eles são submetidos e projetados livremente por seus autores - *makers* cadastrados no Sistema - que liberam o projeto para reprodução gratuita ou fixam uma taxa de utilização, permitindo que outros possam fabricá-los e comercializá-los. Esta característica permite que a Treatstock possua a maior coletânea de soluções entre as plataformas analisadas, que podem variar de objetos de decoração à componentes de máquinas específicas. No entanto, apesar dos direitos sobre estes projetos pertencerem sempre aos seus respectivos donos, os produtos só podem ser comercializados dentro da plataforma. Dessa forma, adaptar, modificar ou realizar engenharia reversa dos artefatos é proibido, bem como reformatá-los, revendê-los ou redistribuí-los. A produção ocorre no fornecedor selecionado (em uma dinâmica RFQ – Request for Quotation) e os meios de envio são combinados no momento da compra.

A Opendesk também possui uma coleção de artefatos - neste caso, de móveis comerciais - que são *open-source* e projetados por *makers* de várias nacionalidades. A participação destes atores, no entanto, está sujeita à uma avaliação projetual realizada pelos integrantes do núcleo da empresa, que determinam o que pode e o que não pode ser comercializado. Os produtos possuem características morfológicas distintas entre si, livres de sistemas ou configurações padronizadas. A utilização de materiais ou tecnologias específicas não é pré-determinada. Apesar disso, todos os projetos hospedados se baseiam no processo manufatura subtrativa (usinagem CNC) em chapas de madeira compensada que, conforme a literatura visitada, é o processo mais recorrente para a produção de móveis. Os níveis de customização são bastante simplificados: o usuário pode optar por modificar apenas a cor dos revestimentos melanímicos. Aqui também é utilizada a dinâmica RFQ para a seleção do fabricante digital. A forma de envio é combinada diretamente entre produtor e consumidor.

A 3D Hubs, por sua vez, está baseada em Amsterdam e opera em uma rede de proprietários de impressoras 3D oferecendo serviços de fabricação de objetos personalizados. Aqui, porém, não existe um portfólio de

produtos. Os arquivos digitais dos projetos devem ser disponibilizados pelo cliente, o que certamente exige determinada qualificação técnica dos mesmos. Estes devem saber como acontecem e como selecionar os processos de fabricação. Também devem dominar os *softwares* de modelagem 3D, ou, ao menos, obter o desenho técnico digital em outra circunstância. São oferecidas várias tecnologias de manufatura, porém todas do gênero aditivo. Por materiais, podem ser utilizados plásticos ABS e PLA, resinas líquidas, nylon SLS, nylon de fibra reforçada, plástico opaco rígido, elastômeros, Sandstone, ligas metálicas, entre outros. No que se refere à produção, esta ocorre no fabricante selecionado pela dinâmica RFQ. Este ator poderá indicar formas de envio específicas, que são negociadas em um momento posterior à compra.

Por fim, a Maketime, última das empresas analisadas na presente pesquisa, é uma plataforma cuja principal proposição do modelo de negócio é o aumento da velocidade e eficiência em processos de fabricação. O funcionamento geral se assemelha bastante com aquele da 3D Hubs: não existem produtos anunciados e, então, nenhum estoque também. O usuário deve enviar um projeto digital completo para análise e posterior orçamento. Assim que aprovado, o projeto então é passado a um dos fabricantes digitais cadastrados, que se encarregam da produção. Esta plataforma, diferentemente das anteriores, tem autonomia na escolha dos fabricantes digitais, impossibilitando o contato direto destas com o consumidor e vice-versa. O fator de proximidade com o usuário/cliente ainda é utilizado para a escolha da localização das atividades produtivas, porém a demanda não está centralizada na confecção de um dado artefato. Ao invés disto, o modelo da Maketime envolve a oferta da capacidade de maquinário disponível. Não se compra o produto, e sim o de tempo e o serviço de uma máquina ociosa. Intui-se que estas condições podem permitir a criação de preços de mercados mais justos e uma dinamização da produção, que culminam em um aumento de eficiência. Outra diferença é que, esta plataforma, além de lidar com a comunicação entre consumidor e produtor, também coordena a compra e distribuição de matéria prima utilizada e dos produtos finalizados.

Os processos são automatizados e se dão através de um algoritmo proprietário.

A figura 4-1, na sequência, expõe as quatro plataformas analisadas através um Mapa de Sistema (VEZZOLI, 2010). Nesta representação estão incluídos os atores-chave de cada empresa (a quem a plataforma mantém conexão direta), além dos fluxos de materiais, trabalho, informação e financeiro que ocorrem entre estes.

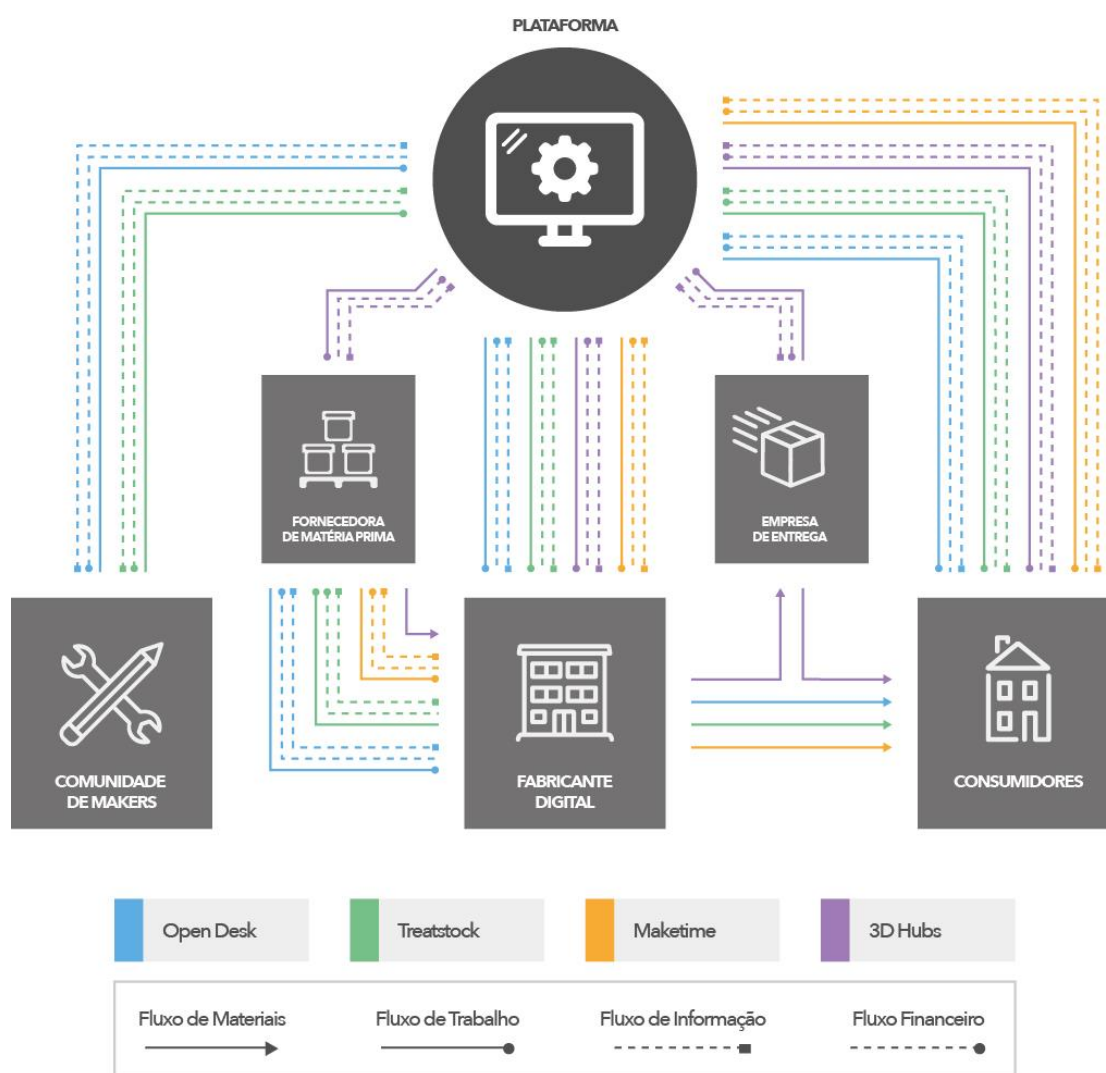


Figura 4-1: Mapa de Sistema das plataformas analisadas.
Fonte: do autor.

4.2.1.2 Mapeamento e seleção dos consumidores

A primeira atividade desta etapa da pesquisa foi a busca por dados demográficos da literatura sobre as condições socioeconômicas do morador de Habitação de Interesse Social. Estes dados são essenciais para a concepção de um Sistema Produto+Serviço que esteja alinhado às necessidades específicas da população em questão. Ademais, as características observadas servirão, junto com os critérios estabelecidos no capítulo 3, como delimitadores para a seleção dos consumidores participantes da pesquisa. Dessa forma, foram investigadas as seguintes propriedades e literaturas:

- Dados sobre composição familiar: IPARDES, 2013; IBGE, 2015.
- Dados sobre comportamento de compra: CNI, 2014.
- Dados sobre renda média: DECRETO, 2007; SPC BRASIL, 2014.
- Dados sobre ocupação: IBGE, 2015; MOREIRA, 2014.
- Dados sobre escolaridade: INAF, 2012.

Com base nas informações coletadas, foi possível representar, com auxílio da ferramenta Persona (TASSI, 2010), duas segmentações características dos moradores de HIS. Estas diferenciações foram então retratadas em duas pessoas fictícias, criadas com o propósito de orientar as primeiras decisões para a conceituação do Sistema proposto. Destaca-se que as personas criadas fazem parte de um grupo bastante específico: entre os moradores de Habitação de Interesse Social, aqueles que utilizam a internet para fazer compras *online*, que se encarregam da aquisição de móveis domésticos e que se enquadram nos demais critérios de seleção de atores-chave do Sistema definidos anteriormente. A Figura 4-2 demonstra os resultados da aplicação da ferramenta Persona.



Figura 4-2: Personas construídas na Fase I do Ciclo 1.
Fonte: do autor.

Tendo por base tais características, foi possível refinar o escopo dos possíveis consumidores candidatos à participação na presente Pesquisa-Ação. Através da indicação de pesquisadores que trabalham especificamente com este público, duas pessoas foram selecionadas, as *Consumidoras A e B*. Ambas estão alinhadas às personas criadas, na medida em que estão na mesma faixa etária e possuem composição familiar, escolaridade, ocupação e renda semelhantes.

A primeira interlocutora, a *Consumidora A*, possui 54 anos de idade e é natural de Carlópolis, município do estado do Paraná. Sua atividade profissional está relacionada à prestação de serviços de limpeza em residências, a qual é comumente atribuído o nome “diarista”. Por receber menos que três salários mínimos, ela pôde se encaixar em um programa de Habitação de Interesse Social do governo do Paraná e reside há 10 anos no Conjunto Habitacional Moradias União Ferroviária (figura 4-3), localizado no bairro do Uberaba, em Curitiba. É casada e não mora com os filhos.



Figura 4-3: Vista do Conjunto Moradias União Ferroviária em Curitiba.
Fonte: do autor.

A segunda, a *Consumidora B*, também é diarista, porém essa atividade não ocorre com frequência. A maior parte do tempo é dona de casa e reside em Habitação de Interesse Social há dois anos com seu companheiro e dois filhos no Conjunto Habitacional Vista da Serra, localizado no bairro Vila Fuck (figura 4-4) do município de Piraquara, região metropolitana de Curitiba.



Figura 4-4: Vista do bairro Vila Fuck em Piraquara, RMC.
Fonte: do autor.

Outra das três classes de atores-chave com os quais houve profunda interação na presente Pesquisa-Ação é a de fabricantes digitais. Estes foram selecionados em um processo de mapeamento que permitiu identificar os que melhor se adequam aos objetivos e critérios destacados neste trabalho, conforme visto a seguir.

4.2.1.3 Mapeamento e seleção de fabricantes digitais

Conforme estabelece o Capítulo 1, o escopo da presente pesquisa é a Região Metropolitana de Curitiba (RMC). Neste sentido, empreendeu-se o mapeamento de empresas detentoras de tecnologia pertinente à Fabricação Digital (vide quadro 4-1), conforme revisão apresentada no Capítulo 2 e os critérios apontados no Capítulo 3.

Fabricante	Atuação principal	Marcenaria	Região
A	Prototipagem Rápida	Sim	Pinhais/PR
B	Comércio de compensados	Sim	Boqueirão
C	Comunicação Visual	Não	Centro
D	Prototipagem Rápida	Não	Santa Felicidade
E	Venda de maquinário	Não	Colombo/PR
F	PDV	Não	Boqueirão
G	Indústria de artefatos para casa	Sim	Ahú
H	Comunicação Visual / PDV	Sim	Guaíra
I	Serviços industriais	Não	CIC

Quadro 4-1: Fabricantes digitais encontrados na Região Metropolitana de Curitiba.
Fonte: Do autor.

As empresas encontradas estão relativamente bem distribuídas pela RMC. Duas destas estão localizadas nos municípios de Colombo e Pinhais, conforme mostra a figura 4-5. Analisando-se a imagem, as empresas encontradas possibilitam um raio de atuação máximo de cinco quilômetros para as consumidoras de baixa renda selecionadas. Os dois fabricantes digitais mais próximos dessas participantes são os dois primeiros, A e B (os

demais estão listados: FC, FD, FE, FG, FH e FI). Após uma reunião com estes atores, por satisfazerem os critérios pré-estabelecidos, ambos foram selecionados para cooperar com a presente investigação.

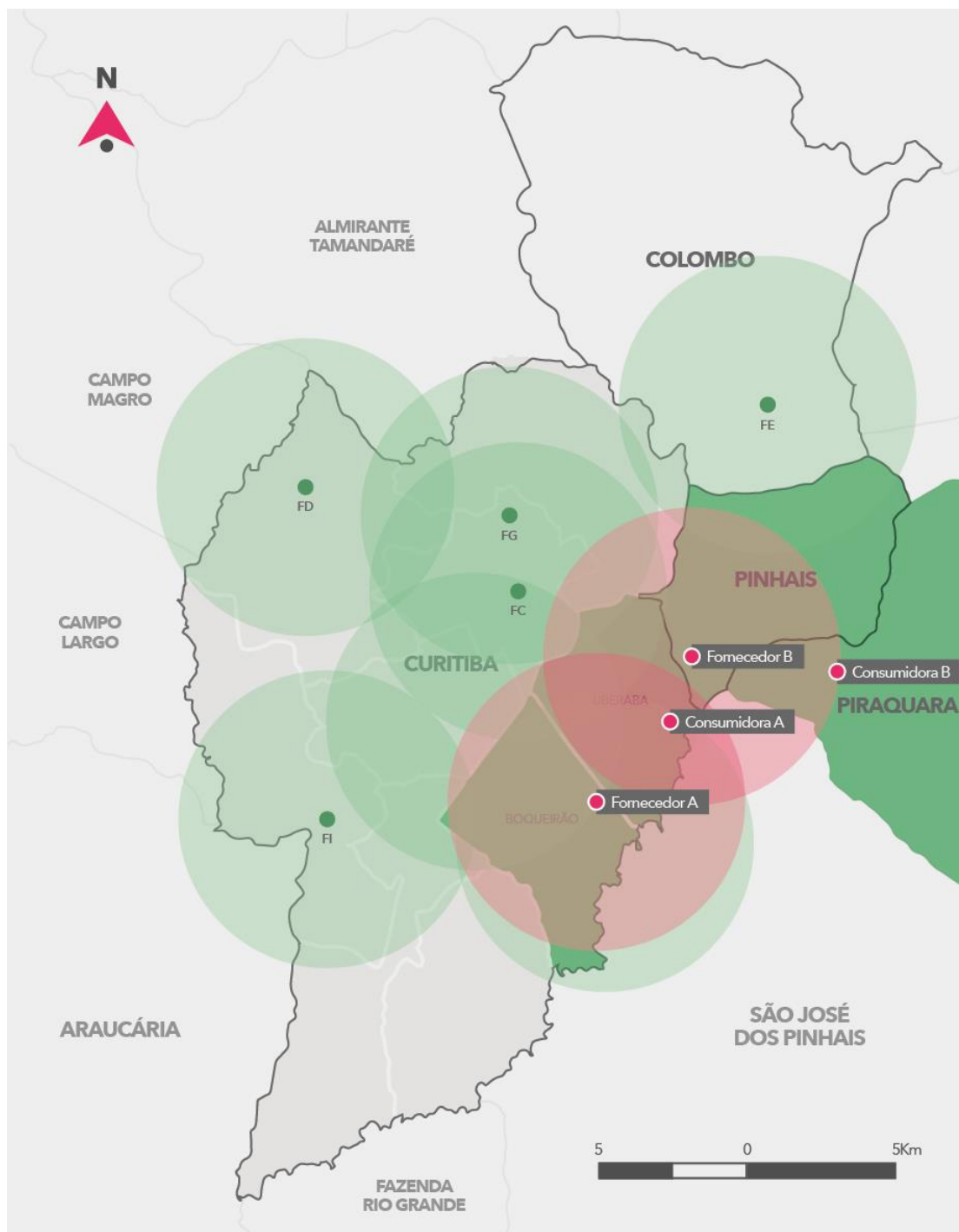


Figura 4-5 - Localização das empresas e consumidoras pré-selecionadas.
Fonte: do autor.

O *Fabricante A* fundou sua empresa somente há três anos, quando lhe foi ofertado uma máquina de usinagem CNC. Este sujeito possui 34 anos e viu nessa possibilidade de compra uma oportunidade de explorar novas alternativas de faturamento através da venda de serviços de prototipagem. Atualmente frequenta o curso de engenharia mecânica e, segundo o mesmo, boa parte de sua demanda provém dos colegas da faculdade.

Já o *Fabricante B* possui 56 anos, dos quais dedicou 20 deles no comércio e distribuição de compensados multilaminados. Nos últimos anos foi capaz de promover o crescimento de suas instalações, ampliando o espaço físico e inaugurando um centro de usinagem para ofertar o serviço de produção de artefatos personalizados.

4.2.1.4 Mapeamento e seleção de *makers*

Os *makers* foram selecionados com mais facilidade que os demais atores-chave, já que o pesquisador também faz parte do circuito destes indivíduos. Neste sentido, foram considerados para participação nesta pesquisa aqueles mais ativos dentro do movimento *maker*, optando pelos que têm maior participação em eventos da área e na organização de atividades relacionadas. Entre estes, dois se mostraram mais interessados e dispostos a colaborar com a pesquisa. Como resultado, foram convidados a participar os *Makers A e B*.

O primeiro deles, o *Maker A* possui 32 anos e tem formação em *Design* e também em Arquitetura. Atualmente é funcionário em um escritório que trabalha com projeto arquitetônico e de interiores. Nas horas livres desenvolve peças de mobiliário através de máquinas de CNC para os projetos que desenvolve.

O segundo, o *Maker B* possui 28 anos e atua na área de automação e controle. No momento se dedica integralmente à viabilização de um novo produto para o mercado de agricultura urbana, o qual envolve plataformas

eletrônicas *open-source* e o processo de impressão 3D. Coordena uma equipe de 4 funcionários para esta tarefa.

4.2.1.5 Requisitos para o Sistema

Os atores-chave selecionados, em uma situação posterior, foram então submetidos à aplicação de uma entrevista semiestruturada (Requisitos para o Sistema - Apêndice D) que previa a captação de requisitos de cada um destes do ponto de vista de suas possíveis funções, em um Sistema semelhante ao das plataformas analisadas. Para tanto, o pesquisador introduziu os participantes ao projeto e às abordagens utilizadas com o auxílio de um material gráfico desenvolvido especificamente para este fim (figura 4-6) e realizou questionamentos, de forma indireta, sobre tópicos oriundos da base teórica do presente trabalho. As informações foram coletadas com o auxílio de um gravador de voz.



Figura 4-6: Material gráfico de introdução à pesquisa.
Fonte: do autor.

Os dados coletados neste procedimento servirão posteriormente de balizamento para a definição da unidade de satisfação do Sistema e para a geração de alternativas para seu conceito. Os resultados dessa dinâmica foram agrupados na tabela 4-3, que relaciona atores-chave e seus requisitos.

Tabela 4-3: Atores-chave e seus requisitos iniciais para o Sistema.

Ator-chave	Requisito
Consumidora A	Utilizar baixa complexidade de operação nas atividades do Sistema.
Consumidora B	Ofertar opção de compra de menor valor, onde o consumidor monta seu próprio móvel através de modelo de baixa complexidade.
Consumidoras A e B	Ofertar soluções duráveis e economicamente viáveis para o público de baixa renda.
Consumidoras A e B	Possibilitar a customização dos produtos em suas dimensões e em outros atributos estéticos.
Consumidoras A e B	Permitir que os artefatos adquiridos sejam de propriedade de seus usuários.
Fabricante A	Permitir o agregamento de serviços em lotes de produção.
Fabricante B	Desvincular as atividades de produção e criação, permitindo que o fabricante se limite ao processo de confecção do artefato.
Fabricantes A e B	Permitir a produção sob demanda e sem estoque.
Fabricantes A e B	Desenvolver modelo baseado na cooperatividade que seja economicamente viável do ponto de vista da produção e oferta de produtos.
Fabricantes A e B	Automatizar o processo de orçamentos, baseando-se no tempo de uso das máquinas.
Makers A e B	Utilizar a abordagem de Fabricação Digital para a viabilizar a produção.
Makers A e B	Permitir o acesso aberto às especificações dos produtos do Sistema.
Makers A e B	Permitir que qualquer indivíduo reproduza os produtos do Sistema inclusive para fins lucrativos.
Makers A e B	Habilitar a transformação de indivíduos, pequenos negócios e/ou uma comunidade local em produtores.
Makers A e B	Incentivar o feedback dos consumidores na plataforma, de forma que se crie uma comunidade que debata novas soluções para produtos.

Fonte: do autor.

Na sequência, os dados coletados na Fase I deste ciclo serão analisados e são tiradas as primeiras conclusões sobre a forma que o Sistema proposto deverá possuir. Serão definidos: a unidade de satisfação, os serviços e o nível de customização ofertados.

4.2.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 1

4.2.2.1 Unidade de satisfação

Para a definição da unidade de satisfação foram levados em consideração os dados levantados no início deste ciclo, além dos resultados das pesquisas de Lepre (2008), Fukushima (2008), Daros (2013), Schafer e Gomide (2014)²⁸. Sendo assim, foi definido preliminarmente e, portanto, passível de validação posterior, que o novo Sistema deverá **ofertar mobiliário open-source customizável, produzido próximo ao usuário, eco-eficiente, socialmente justo e economicamente viável** para moradores de Habitação de Interesse Social da região metropolitana de Curitiba.

4.2.2.2 Tipologia do Sistema

Para definir estruturar a geração de alternativas posterior, foram consideradas as tipologias de Sistemas Produto+Serviço de Tukker (2004), que oferecem três visões possíveis:

- Sistemas Produto+Serviço orientado ao produto;
- Sistemas Produto+Serviço orientado ao uso;
- Sistemas Produto+Serviço orientado ao resultado.

Por estar melhor direcionada à proposição inicial deste trabalho - o desenvolvimento de um Sistema voltado à oferta de produtos para Habitação de Interesse Social - entende-se que a primeira alternativa é a que deverá ser

²⁸ Estes trabalhos apresentaram variadas contribuições: a) Lepre (2008), que identificou necessidades e características particulares do morador em se tratando da aquisição e utilização de mobiliário doméstico; b) Fukushima (2009), que caracterizou, mapeou e analisou soluções vernaculares produzidas pelo morador de Habitação de Interesse Social, incluindo aquelas orientadas à móveis; c) Daros (2013), que identificou oportunidades de inovação em produtos e serviços orientados ao consumo mais sustentável na Habitação de Interesse Social; d) Schafer e Gomide (2014), que realizaram estudo de Avaliação Pós-Ocupação em comunidade de Habitações de Interesse Social em Curitiba.

explorada. Além disso, foi identificado na coleta de dados a recusa das consumidoras à modelos de serviço que não permitem o controle e a propriedade de seus móveis domésticos, o que inviabiliza a aplicação das tipologias de Produto+Serviço orientados ao uso e ao resultado.

4.2.2.3 Atores requeridos para o Sistema

No que se refere aos atores do Sistema, comparando-se os mapas das plataformas investigadas no processo de *benchmarking*, aparecem: a plataforma; os fabricantes digitais; os consumidores; os *makers*; as empresas de logística; os fornecedores de matéria-prima. Sobre os dois últimos, as empresas de entrega e os fornecedores de matéria-prima, estes são percebidos como atores secundários, que agregam valor quando presentes, mas, contudo, não comprometem a existência da organização. Isto está relacionado com o fato de que os serviços oferecidos por eles também podem ser ofertados pelo fabricante digital. O que corrobora isto é a presença explícita destas opções nas plataformas investigadas.

Sendo assim, considerou-se atores-chave do Sistema a plataforma, consumidores, fabricantes digitais e *makers*. É importante, no entanto, a enumeração dos possíveis atores secundários para o contexto de trabalho com os requisitos locais específicos existentes, que, como citado, são capazes de incrementar ainda mais o Sistema Produto+Serviço. Baseando-se nos dados coletados neste ciclo, estes atores e suas funções foram explorados e exibidos na tabela 4-4.

Tabela 4-4: Possíveis atores secundários para o Sistema.

Atores secundários	Funções
Empresas de entrega	Recolhem os artefatos produzidos e os entrega em seus destinos.
Fornecedores de matéria-prima	Abastecem os fabricantes digitais com as matérias-primas necessárias para a fabricação dos artefatos.
Empresas de montagem de móveis	Realizam a montagem e o posicionamento dos móveis nas Habitações de Interesse Social.

Empresas de reforma	São especializados na reforma (ou modernização/ retrofit) de móveis já adquiridos.
Empresas de revenda (usados)	Se organizam para facilitar a revenda de produtos usados.
Empresas de reciclagem	Se incumbem do recolhimento de móveis no fim de vida útil para conversão destes materiais em produtos de potencial utilidade.
Agentes financeiros de microcrédito	Auxilia os envolvidos a melhorar seu fluxo de caixa e a realizar investimentos específicos.
Outros atores locais	Permitem o agregamento de novos valores, insumos e serviços e produtos locais aos artefatos do Sistema, sejam fabricados digitalmente ou não. Nesse sentido, poderiam ser confrontados o <i>high tech</i> e o <i>low tech</i> , agregando, por exemplo, o trabalho de uma comunidade local de rendeiras para a ornamentação dos produtos.

Fonte: do autor.

Destaca-se que novos atores poderão ser adicionados ao Sistema, caso haja a necessidade de readequação dos conceitos e serviços desenvolvidos ao longo da Pesquisa-Ação.

4.2.2.4 Nível de customização

Para a definição do nível de customização do Sistema, levou-se em consideração o desejo das *Consumidoras A e B* em consumir produtos que estejam alinhados às especificações de suas moradias. Além disso, é importante considerar que a coleta de dados identificou que as operações no novo Sistema devem envolver baixa complexidade. Como parâmetro para esta tarefa, utilizou-se as informações do *benchmarking* de serviços compatíveis realizado. Através da ferramenta Diagrama de Polaridade (VEZZOLI, 2010), foram mapeadas as possibilidades de personalização nessas plataformas, relacionando-as ao nível de propriedade do portfólio de produtos em cada caso (o que permite maior ou menor complexidade de operação) (figura 4-7).

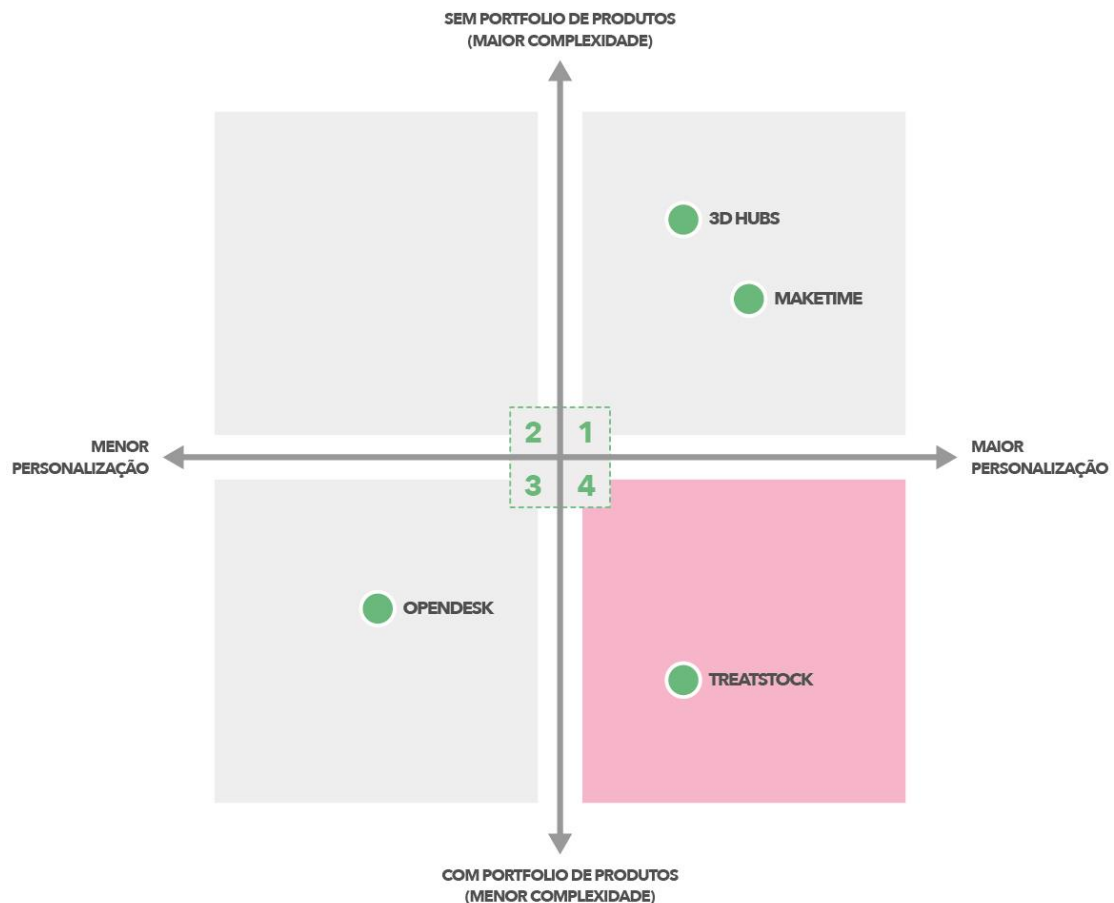


Figura 4-7: Diagrama de Polaridade das empresas investigadas.
Fonte: do autor.

Nenhuma das quatro plataformas apresentaram modelos com baixo nível de personalização e, ao mesmo tempo, sem portfólio próprio de produtos (quadrante 2). O quadrante número 1, por sua vez, possui dois representantes que entregam maiores níveis de personalização, porém não trabalham também com portfólio de produtos: 3D Hubs e Maketime. A primeira empresa, a 3D Hubs, oferece o serviço de impressão 3D de projetos digitais enviados pelo usuário. Para isto, este deve estar necessariamente consciente das variáveis que envolvem a produção e concepção de seu projeto, já que a plataforma interfere pouco nas especificações do pedido efetuado. Já o Sistema da Maketime, que é caracterizado pela oferta de soluções de materialização através da Fabricação Digital, diminui a complexidade de operação da plataforma em relação à sua concorrente. Por possuir um número maior de materiais e processos com que trabalha,

entende-se também que a Maketime oferece mais opções de personalização do que a 3D Hubs.

O quadrante número 3 apresenta a empresa Opendesk, com os menores níveis de personalização de produtos. A abordagem, neste caso, é o da oferta de mobiliário para escritório, os quais estão disponíveis em uma lógica de plataforma *ecommerce*, somente com a possibilidade de escolha das cores de determinados materiais por parte do usuário. Por fim, o quadrante 4 apresenta a plataforma Treatstock, que também possui portfólio próprio de produtos. Neste caso, porém, existe a possibilidade de contratar o serviço de modelagem personalizada. O nível de personalização desta plataforma se assemelha ao da 3D Hubs, pois utiliza o mesmo processo, a impressão 3D, e uma variedade semelhante de materiais podem ser empregados na fabricação.

Entende-se, através deste esquema, que o quadrante 4 é onde se apresentam as melhores condições para um Sistema que se enquadre nos requisitos percebidos. Neste quadrante estão as soluções que envolvem maiores níveis de personalização e baixa complexidade de utilização. Neste sentido, a geração de alternativas para o novo Sistema deverá ser orientada para ocupar este mesmo quadrante.

Com base nas análises realizadas, ficam definidas as ações que serão desenvolvidas no Ciclo 1 da presente Pesquisa-Ação. O quadro 4-2 apresenta resumidamente quais serão elas.

Ações que serão desempenhadas	1) Geração de alternativas para o conceito do Sistema.
Objetivos	1) Através dos requisitos dos atores-chave, o conceito do Sistema deverá ser estabelecido.
População beneficiada/afetada	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação serão afetados.

Quadro 4-2: Planejamento das ações do Ciclo 1.
Fonte: do autor.

4.2.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 1

4.2.3.1 Geração de alternativas para o conceito do Sistema

A geração de alternativas para o conceito do Sistema Produto+Serviço proposto foi realizada através de um *workshop* com a participação dos *makers* selecionados (figura 4-8). As dinâmicas se iniciaram com a revisão dos requisitos para o *design* do Sistema, da tipologia do Sistema Produto+Serviço e das personas desenvolvidas como forma de delimitação para as atividades.



Figura 4-8: Workshop de conceituação do Sistema com *makers*.
Fonte: do autor.

Para o Sistema em específico, foi considerado o conceito de *inovação de Sistemas* sustentáveis de Vezzoli (2010), que envolve a interação de atores socioeconômicos de determinado Sistema de satisfação ao ponto de se permitir impactos positivos nas esferas ambiental, social e econômica. Através do emprego do método *Brainwriting 635* (BAXTER, 1998), foram geradas doze alternativas de serviço para o Sistema, as quais foram debatidas e rearranjadas. Como resultado, seis novas ideias puderam ser apresentadas, a saber:

- Ideia 1: Família de produtos. Produtos ofertados pelo Sistema fazem parte de uma família e podem, dessa maneira, receber upgrades ou

ter seus usos modificados através da substituição de módulos/ peças específicas. O Sistema também oferta modos de customização, a montagem e os serviços de reparo e de recolhimento de produto ao fim de vida.

- Ideia 2: Sistema DIY. O consumidor adquire um produto e o Sistema lhe oferece novos componentes e informações detalhadas de como alterá-lo por conta própria.
- Ideia 3: Troca-móveis. O Sistema disponibiliza uma plataforma online de troca de móveis, onde os consumidores submetem informações e criam um anúncio para interação com outros usuários. Ainda há a possibilidade de obter desconto para a compra de um móvel novo.
- Ideia 4: Descarte remunerado. O consumidor que possui móvel em bom estado do qual deseja se desfazer poderá solicitar um serviço de recolhimento, no qual é remunerado. O fabricante ou outro ator secundário faz uma avaliação das peças do artefato, que são recolhidas e separadas em uma biblioteca para utilização em vendas/reparos.
- Ideia 5: Meu desenho. Em uma interface que pode ser hospedada em plataforma online, o usuário cria seus próprios móveis com base em desenhos digitais, em tempo real. São ofertados projetos de produtos finalizados, que podem ser modificados.
- Ideia 6: Concurso *maker*. Desafios são lançados por uma plataforma *online*, onde os consumidores submetem suas ideias de mobiliário para resolver problemas específicos da comunidade. Os vencedores são estimulados através de prêmios, pontuações e descontos concedidos ou da participação nos lucros da plataforma.

Entende-se que todas estas alternativas são compatíveis com os requisitos apontados pelos atores-chave selecionados. Cada uma delas possui implicações diretas para o arranjo de atores no Sistema, bem como para o *design* dos produtos.

Considerando-se as personas desenvolvidas e suas características, encenando sua passagem por cada um dos cenários acima descritos, chegou-se à conclusão de que o mais relevante para o público-alvo é uma combinação das ideias de número 1 e 4. Este conjunto foi traduzido em um *storyboard* (BAXTER, 1998) (figura 4-9) que apresenta suas principais características e interações. As demais ideias permanecem como abordagens alternativas dentro do mesmo Sistema Produto+Serviço.



Figura 4-9: Storyboard para conceitos do Sistema.

Fonte: do autor.

Para a conceituação do Sistema em direção à abordagem de Design Distribuído, que deriva do requisito dos *makers* para a Inovação Aberta, foi utilizada na sequência a ferramenta Open Platform Design Flowchart de Zimmermann (2016). Muito parecido com o conhecido Business Model Canvas, esta técnica foi concebida para auxiliar a proposição de modelos de negócio que envolvem os paradigmas *open-source*. A figura 4-10 expõe os resultados desta atividade, abastecida através da realização de um *brainstorming* (BAXTER, 1998) com os *makers* selecionados. Todo o trabalho foi baseado nos requisitos para o Sistema percebidos até o momento e nas possíveis implicações das abordagens escolhidas.



Figura 4-10: Quadro de conceitos do Open Platform Design Flowchart.
Fonte: do autor.

O quadro de número 1 da figura acima define quais são os recursos *open-source* no âmbito do Sistema. Foi definido que serão abertos: a) arquivos digitais de projetos, incluindo o desenho técnico necessário para a reprodução dos artefatos; b) memorial descritivo, contendo a lista com todas os componentes e subsistemas necessários para fabricação; c) descrição do processo e operações para fabricação e montagem. A implicação destas proposições acaba por habilitar certos papéis que usuários do Sistema poderão assumir (quadro 2): a) *makers*, que podem trabalhar com os recursos informacionais disponíveis e criar novos significados e usos para os produtos para benefício individual ou coletivo, abastecendo o Sistema de novas ideias; b) fabricantes digitais, que podem materializar os artefatos e auxiliar no reparo, customização e *upgrade* de produtos; c) consumidores, que se beneficiarão do ambiente criativo gerado e farão uso dos artefatos planejados/concebidos pelos dois anteriores.

Como benefício direto desta composição para o Sistema, pode-se citar (quadro 3): a) a oferta de soluções mais variadas, que atendem um público maior que o dos concorrentes; b) a dinamização dos processos de aperfeiçoamento dos produtos através da prática criativa e colaborativa entre consumidores, *makers* e plataforma; c) a redução de custos com desenvolvimento e pesquisa decorrente do item anterior; d) a construção de uma boa reputação no mercado, demonstrando em ações de marketing a atuação da plataforma como empresa que colabora no desenvolvimento social de comunidades através da capacitação e inclusão de *players* locais nas atividades produtivas. Dessa forma, estes atores poderão se beneficiar com (quadro 4): a) o consumo de produtos mais adequados às necessidades específicas de determinada comunidade ou território; b) o lucro que pode ser gerado através de atividades de venda, reparo, suporte, revenda e reciclagem baseados nos arquivos abertos do Sistema.

No quadro 5 são estabelecidos os canais onde trocas acontecerão e o que de fato será trocado no Sistema, a saber: a) uma plataforma online B2B2C onde são comercializados os produtos e disponibilizadas informações, conhecimento e atenção ao consumidor; b) hubs locais de

produção, distribuição e manutenção (atores-chave e secundários), capazes de formar um aglomerado dessas competências. Por fim, são definidas as atividades que proverão retorno financeiro à plataforma (quadro 6): a) a venda, montagem e reparo de mobiliário doméstico, eco-eficiente, customizável, de baixo custo e útil para o público-alvo; b) educação e consultoria através de workshops e treinamentos; c) anúncios e doações.

Para a formação de preços dos produtos ofertados, entende-se que é importante considerar a distribuição dos custos comuns entre produtos e serviços e o cálculo dos encargos sobre os preços de venda. A cada negócio concretizado, uma porcentagem das transações é destinada à plataforma e, se for o caso, também ao *maker* responsável pelo projeto.

Através das exposições anteriores, fica claro que o conceito do Sistema está fortemente baseado nas abordagens de Fabricação Digital e de Produção e Design Distribuídos. Isto está estritamente relacionado com a proposição de uma alternativa baseada em novos recursos tecnológicos voltados à produção de produtos *open-source* em pequena escala, com vistas à habilitação de pequenas empresas e outros usuários para a colaboração neste processo.

A figura a seguir mostra como se relacionam os atores-chave envolvidos e seus fluxos no novo conceito. Os atores secundários também foram posicionados, ilustrando a possibilidade de suas participações no Sistema, que podem se dar através da intervenção dos *makers*, dos fabricantes digitais, da plataforma e dos próprios consumidores.

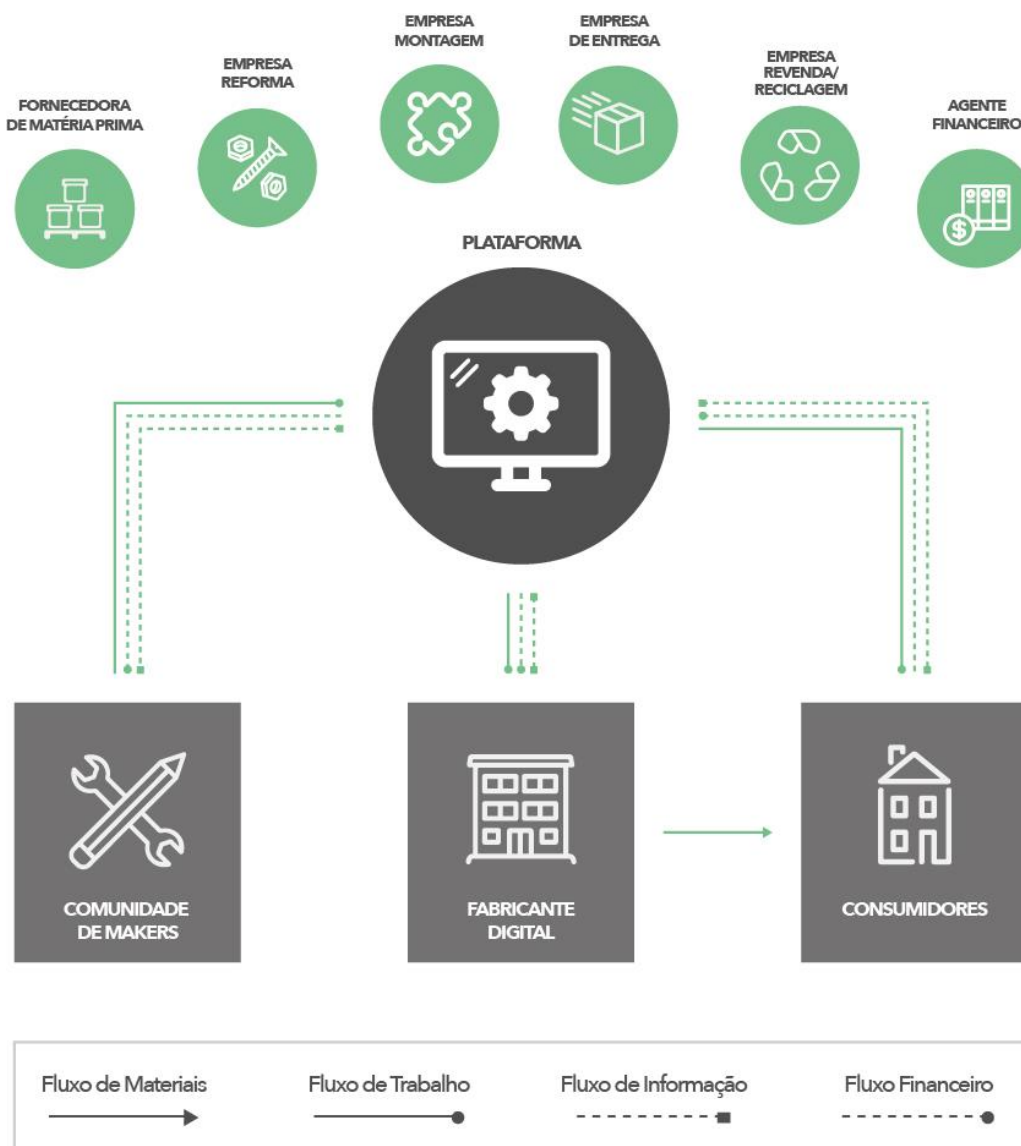


Figura 4-11: Mapa do Sistema para o conceito desenvolvido.
Fonte: do autor.

O quadro 4-3 demonstra resumidamente as ações desempenhadas, os objetivos atingidos e os impactos e relações estabelecidos entre os atores durante esta fase.

Ações desempenhadas	1) Geração de alternativas para o conceito do Sistema.
Objetivos atingidos	1) O conceito do Sistema foi definido.
Impactos e relações entre os atores	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação foram afetados.

Quadro 4-3: Resumo das ações do Ciclo 1.
Fonte: do autor.

4.2.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 1

Para obtenção do *feedback* dos participantes da Pesquisa Ação foi desenvolvido um relatório que sintetiza as ações realizadas. Este relatório incluiu um resumo executivo contendo os infográficos desenvolvidos anteriormente, os quais foram apresentados a todos os atores-chave. O principal objetivo deste procedimento foi o de validar o curso de ação deste ciclo e o conceito propostos, com ênfase nas possíveis participações e interações entre os atores.

Em todos os ciclos de ação, os procedimentos desta fase se repetem: primeiramente os consumidores, o público o qual se destina a oferta principal de produtos, faz suas avaliações com base nas suas necessidades particulares. Na sequência, *makers* e fabricantes digitais, os outros dois atores-chave (além da plataforma em si), são apresentados às exigências anteriores e são debatidas alternativas que as viabilizem. Neste ínterim, o pesquisador faz o papel mediador e determina quais as abordagens seguidas, apresentando as implicações destas escolhas.

4.2.4.1 Avaliação do Sistema pelos consumidores

Em primeiro lugar, fez-se necessário validar a unidade de satisfação concebida para o Sistema. Verificou-se que as *Consumidoras A e B* estão satisfeitas com os critérios estabelecidos, sem propor alterações. A primeira variável considerada positiva pelas *Consumidoras A e B* se refere à possibilidade de adquirir produtos sem sair de suas casas. Quando perguntadas sobre a possibilidade de adquirir móveis através do Sistema proposto, no entanto, as entrevistadas disseram que gostariam de fazer um teste prévio do conforto e das demais qualidades dos artefatos. Entendem que algumas peças no mercado, tais como racks de TV e armários, possuem qualidades muito parecidas, independentemente da marca. Apesar disso, como os produtos *commoditie* não são foco da Fabricação Digital, mas sim a

produção de artefatos alinhados às necessidades e desejos específicos dos consumidores, entende-se que devem ser exploradas outras opções que permitam a avaliação física dos produtos antes do processo de compra.

Outra característica que reforça esta necessidade pode ser observada na fala da *Consumidora B*: “(...) já fiz a compra sozinha na internet, mas algumas desisti por não me sentir segura na escolha do produto e às vezes chamei o meu filho pra ajudar”. Apesar de já ser considerada a baixa complexidade de operação da plataforma online, neste caso devem ser pensadas para o Sistema características que permitam o melhor entendimento dos artefatos ofertados, com um nível de aproximação física maior com público-alvo comparando-se com a internet.

Uma abordagem possível é da instalação de espaços de *showroom* em centros urbanos ou nos próprios dos *hubs* de fabricação, viabilizados pela plataforma. Além disso, podem ser incluídos novos atores no Sistema como forma de mitigar este problema. Neste sentido, lojas locais de venda de utilitários podem abrigar peças de exposição (produtos finalizados, sistemas de encaixe ou miniaturas funcionais) e catálogos que permitem a visualização das soluções e também a venda das mesmas diretamente na plataforma, mediante pagamento de comissão por venda. Vendedores porta-a-porta também poderiam ser utilizados na divulgação e oferta dos produtos, o que é estratégia recorrente para com os consumidores de baixa renda (AGUIAR et al., 2009). Um exemplo de empresa que utiliza largamente esta abordagem, conhecida como Venda Direta, é a Avon, que se especializou na oferta de produtos baseada no contato pessoal fora de um estabelecimento comercial fixo (CASTILHO, 2005).

As *Consumidoras A e B* apreciaram a possibilidade de os produtos poderem ser adaptados para várias funções, de acordo com suas necessidades, mediante à troca de peças. Tiveram, no entanto, dificuldade para entender os benefícios diretos da abordagem *open-source* e da participação colaborativa na internet. Considera-se muito importante que estes conceitos estejam bastante claros para estes atores e, portanto, devem

ser investigadas maneiras disto ser comunicado e entendido e valorizado pelas interlocutoras.

As demais características do sistema foram consideradas satisfatórias pelas Consumidoras A e B. É possível, nesse sentido, destacar algumas que foram de especial interesse para elas. O valor e as condições de pagamento, por exemplo, são as características que mais consideram no que se refere ao fluxo financeiro. Para ambas, a possibilidade de adquirir produtos em partes é positiva, já que é estratégia que auxilia na diluição do volume de dinheiro empregado na compra dos móveis que necessitam. A *Consumidora A* disse também que entende que há um benefício no atendimento rápido ao usuário com o critério de seleção de empresas locais, exemplificando com uma ocasião em que recorreu ao marceneiro vizinho para o reparo de uma cama: “foi um bom tempo até encontrar alguém para me ajudar, até que me disseram que o seu Antônio poderia arrumar. Chamei ele e na mesma tarde tudo estava pronto”.

Para o próximo ciclo de ação, as Consumidoras A e B concordaram com o pesquisador, que entende que os conceitos do Sistema devem ser expandidos, permitindo a melhor visualização dos serviços ofertados.

4.2.4.2 Avaliação do Sistema pelos *makers* e fabricantes digitais

Nessa etapa da avaliação, foi apresentado para os *makers* e fabricantes digitais o mesmo material anterior, porém já com as impressões das *Consumidoras A e B* sobre o Sistema. Tanto os *Makers A e B*, quanto os *Fabricantes A e B*, avaliaram a unidade de satisfação e fizeram observações pertinentes, conforme relatado a seguir.

A primeira observação sobre a composição do Sistema é procedente do *Fabricante B*, que foi relutante a princípio quanto o seu funcionamento coordenado. Apesar disso, declarou-se “ortodoxo” na maneira como trata os negócios. Disse nunca ter ouvido falar da abordagem *open-source*. O mesmo vale para o *Fabricante A*, que se mostrou bastante cético quanto à utilização

de um modelo que não priorize as patentes como forma de obter o lucro, mesmo não trabalhando com nenhuma oferta de produto protegido por direitos autorais, o que é uma contradição. A abertura dos arquivos projetuais para a comunidade e a permissão de que qualquer indivíduo reproduza os artefatos inclusive para fins lucrativos, o que é requisito dos *makers*, é o que mais incomoda estes empresários. Este ceticismo é considerado barreira que pode dificultar uma implementação real do Sistema. Apesar disso, após extensa explicação, ambos os fabricantes disseram estar abertos para novas modalidades de produção e consumo, na medida em que ambos desejam os possíveis benefícios decorrentes da implementação das abordagens do Sistema.

O *Maker A*, por conseguinte, levantou a questão da necessidade de padronização da qualidade e da calibragem de máquinas para atingir uma uniformidade na produção. Além disso, também ressaltou a importância de se ter padronizados os processos manuais, tais como a pintura. As condições de instalação também podem influenciar bastante na concepção final do artefato. Como forma de lidar com estes desafios, foi sugerido um sistema *online* de automatização da calibragem e checagem das instalações dos fabricantes digitais. Através de relatórios periódicos automatizados, a plataforma poderia selecionar aqueles que estão aptos a contribuir no ecossistema proposto.

Sobre a questão da uniformidade na qualidade dos produtos, o *Fabricante A* quis deixar claro que “isto representa um grande desafio para a proposta”. Uma solução para este problema apontado por ele, seria a obrigação de todos os fabricantes digitais utilizarem o mesmo modelo de máquina, o que contrasta com a solução apontada pelo *Maker A*. Esta ideia, no entanto, foi rechaçada pelo próprio interlocutor, que entende que o nível do investimento nestas ferramentas ainda é “altíssimo” apesar das diminuições recentes nos preços. Dessa forma, os *Fabricantes A e B* acataram a sugestão do *Maker A*.

Outra barreira identificada que, segundo o *Fabricante B*, pode representar um desafio, se refere à pequena quantidade de empresas no

Brasil que, na época da pesquisa, estariam qualificadas para a oferta de serviços que envolvem a Fabricação Digital. Além disso, destacou que não havia mão-de-obra específica para o posto de operador de máquina CNC para móveis. Intui-se que com a expansão da abordagem da Fabricação Digital por entre novos indivíduos verificada por Smith et al. (2013), no entanto, estes problemas tendem a ser mitigados à curto prazo. Outra opção para sanar a ausência de trabalho qualificado está na criação de cursos específicos por organizações que apoiam a área industrial por meio da formação de recursos humanos, tal como o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI).

Sobre a produção local, *makers* e fabricantes entendem que quando as empresas estão cooperadas no Sistema elas passam a ter possibilidade de fazer ofertas conjuntas e ser mais competitivas, alavancando sua capacidade financeira para competir com as empresas de fabricação em massa, líderes do seguimento de móveis no mercado. A utilização do microcrédito, nesse sentido, foi considerada bem-vinda.

O restante das discussões girou em torno dos benefícios percebidos no conceito do sistema. Foram citados a importância da utilização das abordagens de automatização de orçamentos, do rompimento do vínculo das atividades de produção e criação (que permitem os fabricantes a se limitar ao processo de confecção do artefato), da participação dos consumidores na proposição e concepção de novos produtos e os desdobramentos socioeconômicos positivos para as comunidades envolvidas.

Sendo assim, as proposições apontadas pelos atores-chave que necessitam de atenção e que serão pesquisados no Ciclo 2 são:

- Investigar a viabilidade de automatização da calibragem dos equipamentos de Fabricação Digital pela internet;
- Explorar maneiras de comunicar aos consumidores os conceitos e valores implícitos das abordagens de participação colaborativa na internet e de *open-source*.

Assim como as consumidoras consultadas anteriormente, os *Makers A e B* e os *Fabricantes A e B* também entendem que o próximo ciclo de ação deverá se concentrar na expansão do conceito do Sistema.

4.2.4.3 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 1

As ferramentas utilizadas, as ações desempenhadas e seus resultados, as análises do pesquisador, o feedback dos atores-chave e as recomendações para o próximo ciclo de ação podem ser vistos na tabela 4-5.

Tabela 4-5: Resumo das atividades do Ciclo 1.

Ferramentas utilizadas no Ciclo 1	a) <i>Benchmarking</i> (CAMP, 1993); b) <i>Mapa de Sistema</i> (VEZZOLI, 2010); c) <i>Persona</i> (TASSI, 2016); d) <i>Entrevista semiestruturada</i> ; e) <i>Diagrama de polaridade</i> (VEZZOLI, 2010); f) <i>Workshop</i> ; g) <i>Brainwriting 635</i> (BAXTER, 1998); h) <i>Storyboard</i> (BAXTER, 1998); i) <i>Open Platform Design Flowchart</i> (ZIMMERMANN, 2016); j) <i>Brainstorming</i> (BAXTER, 1998).
Ações desempenhadas	1) Geração de alternativas para o conceito do Sistema.
Resultados das ações	1) O conceito do Sistema foi definido.
Análises do pesquisador	Através das análises, o pesquisador pôde: 1) Definir a unidade de satisfação do Sistema; 2) Definir a tipologia do Sistema Produto+Serviço; 3) Definir atores requeridos para o Sistema; 4) Definir o nível de customização almejado para o Sistema.
Feedback dos atores-chave	Os atores-chave forneceram sugestões e impressões sobre o conceito do novo Sistema, adequando-o para suas necessidades.
Recomendações para o próximo ciclo	Expansão do conceito do sistema. Deverão ser investigados: A viabilidade da automatização através da internet; Maneiras de comunicar conceitos e valores ao público-alvo.

Fonte: do autor.

4.3 CICLO 2 – EXPANSÃO DO CONCEITO DO SISTEMA

Este segundo ciclo tem como ação principal a expansão do conceito do Sistema desenvolvido. Além disso, será realizada uma simulação de baixa fidelidade para avaliar estes conceitos, tangibilizando o novo Sistema no mundo real. Para viabilizar isto, as ações incluem o detalhamento das

interações entre os atores-chave através da utilização de processos de pensamento crítico e criativo.

Foram utilizadas neste ciclo as seguintes ferramentas: a) Brainstorming (BAXTER, 1998); b) Workshop; c) Customer Journey Mapping Game (TASSI, 2016); d) Blueprint (TASSI, 2016); e) RITE - Rapid Iterative Testing Evaluation (MEDLOCK et al., 2002); f) Think Aloud (TASSI, 2016).

4.3.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 2

4.3.1.1 Calibragem automatizada de equipamentos

A coleta de dados desta seção é referente à proposição do *Maker A* (durante a fase de avaliação do Ciclo 1) de se investigar a viabilidade de automatização da calibragem dos equipamentos de Fabricação Digital através da internet. Este interlocutor, bem como os demais atores-chave da Pesquisa-Ação, foram indagados sobre uma alternativa para isto, porém nenhum deles soube apontar a existência ou a viabilidade de serviços deste tipo.

Tal abordagem é citada por O’Rahilly (2016), um especialista em automação de processos industriais e fundador da empresa FactoryFix²⁹ - plataforma que conecta empresas de manufatura que procuram por serviços “adicionais”, como manutenção, instalação, programação e calibração, com engenheiros e programadores locais. Foi citada na revista Forbes (MYLER, 2015) como uma das cinco “empresas que estão aniquilando sua concorrência” em 2015.

De acordo com O’Rahilly (2016), a automação plena dos processos de calibragem de máquinas CNC ainda não foi alcançada, porém é uma ferramenta que estará disponível em um futuro próximo. Ele descreve este sistema como algo que estará formatado diretamente no *software* dos

²⁹ Disponível em: <https://factoryfix.com/>.

equipamentos, possibilitando também a configuração customizada para determinadas necessidades de fabricação. Além disso, será possível coletar e organizar informações automaticamente, ajudando as empresas a determinar a condição de suas máquinas de maneira rápida, efetiva e confiável (O'RAHILLY, 2016). Em entrevista, diz que checagens rápidas manuais e programas de manutenção preventiva são as melhores opções atuais. O'Rahilly ainda destaca a importância da calibragem periódica, que é capaz de reduzir o tempo de inatividade dos equipamentos, aumentar retornos de investimento e manter as operações organizacionais em ordem (MYLER, 2015).

Isto significa, na prática, para a presente pesquisa, que a ausência de um processo de checagem e de certificação ágil das condições de manufatura dos fabricantes digitais se confirma como uma barreira para a implementação do Sistema. Como alternativa, é acatada a proposta de O'Rahilly de se empregar programas preventivos, que podem ser ofertados pela própria plataforma ou por empresas de manutenção.

4.3.1.2 Comunicação de conceitos-chave do Sistema

Esta seção se incumbe de explorar maneiras de comunicar aos consumidores os conceitos e valores implícitos das abordagens de participação colaborativa na internet e de *open-source*, o que surge como requisito para as *Consumidoras A e B* durante a Fase IV do Ciclo 1.

De acordo com Aguiar et al. (2009), primeiramente, a comunicação com a população de baixa renda requer um diálogo com os ideais relevantes a este público, que estão relacionados aos conceitos de inclusão e de acesso ao universo do consumo, de onde estavam excluídos em um passado recente. Nesse sentido, para a exposição das abordagens de *open-source* e participação colaborativa devem ser considerados tais vieses, que estão em sintonia com estes e com os demais conceitos-chave do Sistema.

Além disso, é indicada a utilização de ferramentas de comunicação relevantes para o público-alvo, formando-se o que é denominado *mix de comunicação*. A plataforma, dessa maneira, poderá viabilizar o *marketing* integrado através do anúncio do pacote de potenciais benefícios do Sistema, valendo-se da comunicação de massa e de ações dentro das comunidades e lojas locais, em tabloides, carros de som e locuções nas ruas (PARENTE; BARKI, 2006). Estas ações podem estar voltadas para a realização de dinâmicas que estimulem a colaboratividade e o sentimento pertencimento a um grupo específico de pessoas habilitadas para “fazer a diferença” para si e para a comunidade (assim como no movimento *maker*). Uma outra possibilidade seria fazer com que as tarefas de criar manualmente (como o DIY e o *design* vernacular) possam ser percebidas como algo de maior valor que, conforme aponta Fukushima (2009), estão normalmente ligadas a questões econômicas, apenas.

É importante que sejam valorizadas também as redes sociais e as iniciativas comunitárias existentes entre os integrantes deste grupo e os fatores de localidade e pessoalidade. Uma característica marcante dos consumidores de baixa renda, segundo Aguiar et al. (2009), é a noção de reciprocidade e de ajuda mútua. Tal característica foi considerada na criação da segunda persona para a presente pesquisa, cujo comportamento está expresso na seguinte frase: “sempre que faço uma boa compra, faço questão de contar a todos”. Este “todos” não se restringe aos membros de uma família, se estendendo à “espaços de convivência próxima e frequente, tais como a vizinhança, o bairro, a escola, a igreja, o bar, a praia, a feira e o cabelereiro” (AGUIAR et al., 2009), onde se predomina a “lógica do pedaço” (MAGNANI, 2003 apud AGUIAR et al., 2009). Nessa lógica, prevalecem o trato informal e a propaganda boca a boca, baseados na relação de confiança entre os que pertencem ao “pedaço”. Dessa maneira, *hubs* locais, componentes do Sistema, devem se manter próximos a estas comunidades (na qual já estão inseridos fisicamente, no mínimo) agindo localmente, entendendo os problemas dos consumidores de baixa renda e colaborando de maneira próxima com estes interlocutores.

4.3.1.3 Comportamentos específicos do consumidor de baixa renda

Para que seja possível realizar a expansão dos conceitos do Sistema e de suas dinâmicas internas, entendeu-se que deveriam ser investigados, além dos aspectos socioeconômicos gerais da população de baixa renda (realizado na seção 4.2.1.2), alguns comportamentos e condições específicas dos moradores de Habitação de Interesse Social para com o consumo de produtos.

Segundo Aguiar et al. (2009), um valor incorporado ao cotidiano dos consumidores de baixa renda que orienta seus hábitos de compra é o sinal de fartura, que se opõe ao plano da “necessidade”. Nesse sentido, tal percepção é transformada em estratégia de venda que é visível nos mercados, nas marcas, nas vitrines e *displays* de lojas de varejo popular. O aspecto visual destes locais possui a predominância do excesso, da abundância, adentrando também, por conseguinte, nas habitações, na decoração, na disposição dos elementos em guarda-roupas e geladeiras (AGUIAR et al., 2009).

A moradia, nesse contexto, é identificada pelo estudo etnográfico de Castilhos (2007) como o primeiro dos bens extremamente valorizados pela população de baixa renda. É nela onde estão os maiores investimentos deste grupo, que são acompanhados de uma grande transformação e territorialização de seus espaços, refletindo as relações familiares que se dão nestes locais.

Segundo Lepre (2008), é grande a propensão à mobilidade relativa à habitação, o que é reflexo de suas condições econômicas e também das constantes mudanças internas no arranjo familiar. Estes aspectos fazem com que, no que diz respeito ao mobiliário residencial, as práticas de montagem e desmontagem sejam frequentes, adaptando os produtos à diferentes ambientes. Com efeito, arranjos e adaptações, bricolagens e desvios de função são comuns, em um contexto onde há a falta de ferramentas adequadas e conhecimento específico para o desenvolvimento de tais atividades.

Castilhos (2007) foi capaz de perceber que os mobiliários nas moradias da população de baixa renda são fundamentais na organização da intimidade familiar e definem o quão confortáveis são estas instalações. A aquisição de móveis novos está “intimamente ligada à noção nativa de ‘melhorar a vida’”, sendo mais valorizados e cuidados por seus donos que aqueles que são comprados usados ou provenientes de doações (CASTILHOS, 2007).

Na sequência, com a introdução de informações através da coleta de dados do Ciclo 2, serão feitas novas análises, definindo e detalhando outras funções processuais que permitirão a expansão do conceito do Sistema proposto.

4.3.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 2

4.3.2.1 Cenários e jornadas dos consumidores

Toda atividade de análise dos dados do Ciclo 2 ocorreu de forma colaborativa e envolveu, além do pesquisador, os *Makers A e B* e outros dois *designers*, interessados na pesquisa desenvolvida e que participaram apenas desta fase. A atividade ocorreu no formato de *workshop*, na qual revisitou-se inicialmente o conceito desenvolvido para realização de um *brainstorming* (BAXTER, 1998) voltado à definição de cenários de utilização no Sistema alinhados às duas personas desenvolvidas. Os cenários estipulados foram:

- C1 (Persona 1): Customização e compra de artefato através da plataforma *online*; entrega e montagem à domicílio; solicitação do serviço de descarte remunerado.
- C2 (Persona 2): Compra de artefato em loja local de utilitários; entrega e montagem à domicílio; solicitação do serviço de upgrade do artefato.

A compra de artefato em loja local não está presente no *storyboard* do ciclo anterior pois representa um requisito das consumidoras que foi

identificado posteriormente à feitura do mesmo, durante a avaliação realizada na Fase IV.

Afim de descobrir as perspectivas e experiências anteriores dos consumidores com respeito a estes cenários e, ao mesmo tempo, definir os pontos de contato entre estes e o Sistema, foi conduzida a dinâmica proposta pela ferramenta *Customer Journey Mapping Game* (TASSI, 2010), combinada com o recurso *Think Aloud* (TASSI, 2010). Para isto, cada participante do *workshop* escolheu uma das personas desenvolvidas anteriormente e a interpretou em seus respectivos cenários, resultando em um *script* de ações possíveis. Dessa forma, foi possível descrever opções para o desencadeamento das atividades que caracterizam a experiência do serviço e refiná-las, definindo as melhores abordagens para cada enquadramento (figura 4-12).

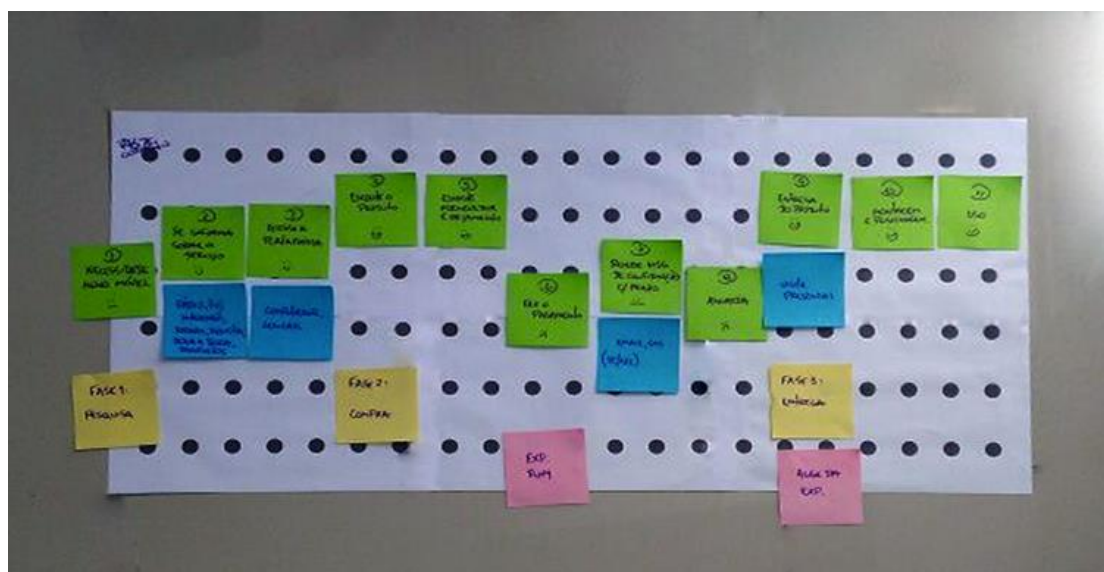


Figura 4-12: Customer Journey Mapping Game sendo realizado.
Fonte: do autor.

A figura 4-13 expõe as jornadas estipuladas para os consumidores nos cenários desenvolvidos. Este instrumento será objeto de análise por parte das *Consumidoras A e B* posteriormente.

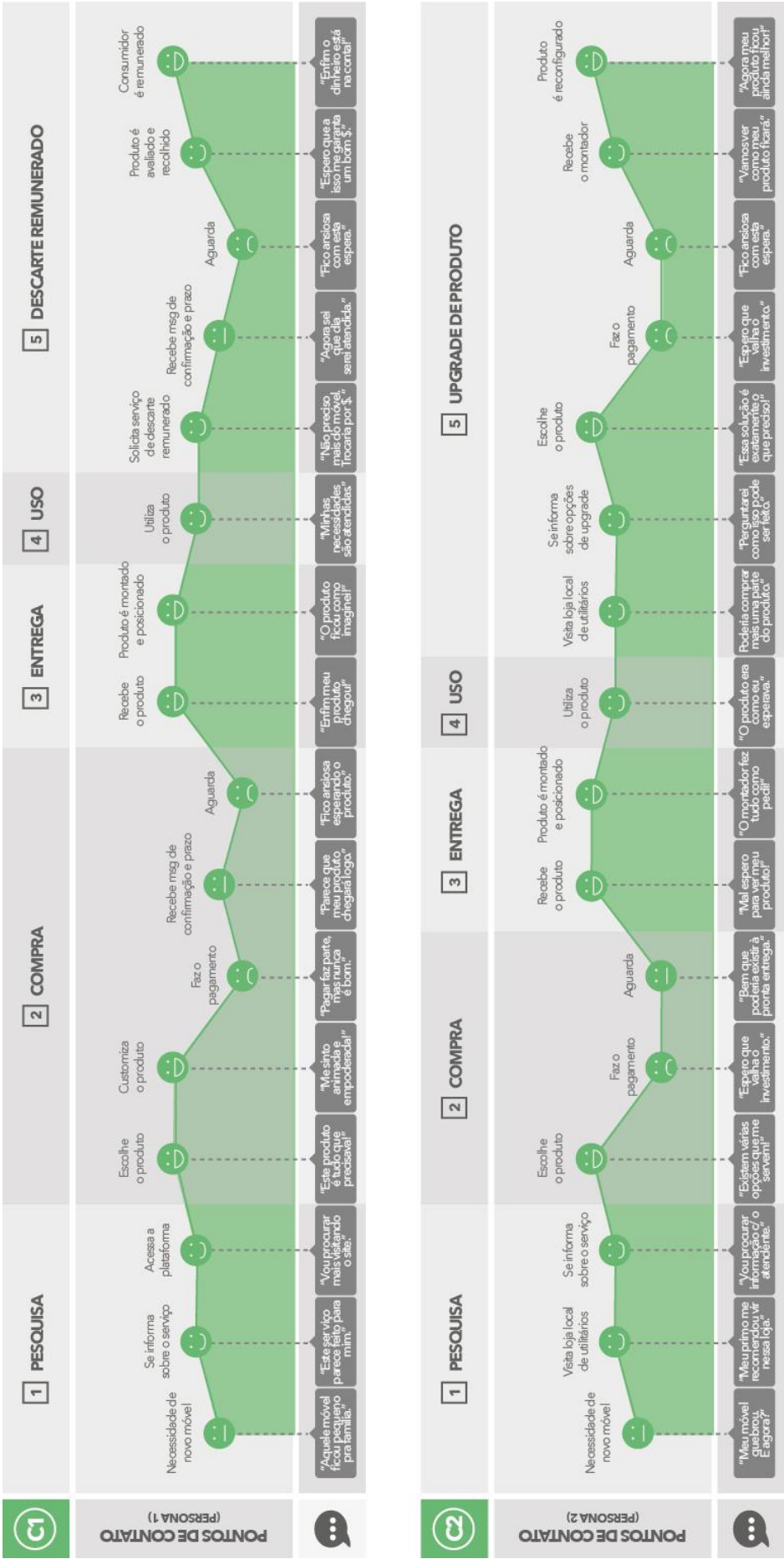


Figura 4-13: Jornadas dos consumidores para os cenários desenvolvidos.
Fonte: do autor.

4.3.2.2 Blueprint do Sistema

Entende-se que, além dessas funções processuais entre consumidores e plataforma, existem ainda várias outras que ocorrem fora do campo sensorial do usuário, que são necessárias para o atendimento da unidade de satisfação do Sistema. Como forma de analisar esta complexa rede de interações e também verificar a possibilidade de coexistência dos cenários desenvolvidos, foi utilizada a ferramenta *Service Blueprint* (TASSI, 2016). A figura 4-14 expõe os resultados da dinâmica, considerando ambos os cenários 1 e 2. Neste *blueprint* são integradas as informações do Mapa de Sistema constantes na figura 4-11, assim como os elementos da jornada do consumidor da figura 4-13. Foram esclarecidas as principais interações entre as ações do usuário, de contato direto (*frontstage*) e indireto (*backstage*), as evidências físicas, além dos processos de apoio.

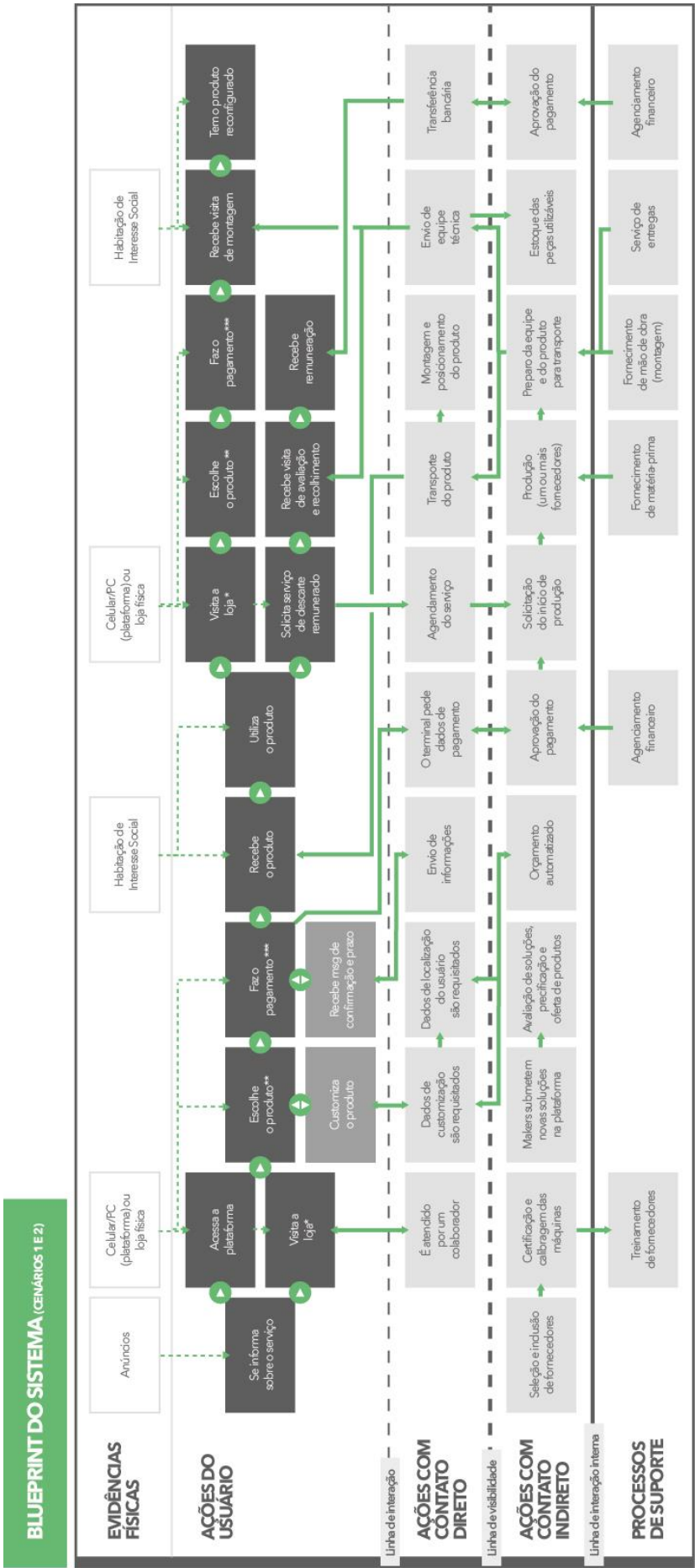


Figura 4-14: Blueprint do Sistema.
Fonte: do autor.

Uma vez detalhados os funcionamentos do Sistema através do *blueprint*, buscou-se sua validação junto aos consumidores através de uma simulação. Esta simulação buscou identificar eventuais imperfeições e aperfeiçoamentos do conceito, permitindo a realização de correções e melhorias no mesmo. O quadro 4-4 apresenta resumidamente as ações que serão conduzidas na fase de implementação do Ciclo 2.

Ações que serão desempenhadas	1) Simulação do Sistema com baixa fidelidade.
Objetivos	1) Os consumidores deverão vivenciar os cenários do Sistema, ajudando a refinar seu conceito.
População beneficiada/afetada	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação poderão ser afetados.

Quadro 4-4: Planejamento das ações do Ciclo 2.
Fonte: do autor.

4.3.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 2

4.3.3.1 Simulação do Sistema com baixa fidelidade

Para que se pudesse habilitar os interlocutores a vivenciar o processo do novo Sistema, foi proposta a utilização dos métodos *RITE – Rapid Iterative Testing Evaluation* (MEDLOCK et al., 2002) e *Think Aloud* (TASSI, 2010). Dessa forma, foi desenvolvido um processo dinâmico, colaborativo e iterativo na busca de informações para refinamento do Sistema junto às *Consumidoras A e B*.

Os mesmos cenários construídos na seção anterior foram replicados como *scripts* de ação (Apêndice E) para os consumidores, incitando-os a avaliar as tarefas e propor alterações em voz alta (figura 4-15). Para tanto, utilizou-se um conjunto de cartões (figura 4-16) para guiar o processo colaborativo, de forma que se favorecesse o alcance dos objetivos desta fase. Os dados foram coletados com o suporte de um gravador de áudio, uma câmera fotográfica e um caderno de anotações. Este processo também envolveu a utilização de um celular e de um objeto de papelão que imitava um móvel doméstico, que auxiliaram na simulação (com baixa fidelidade) das

várias etapas da jornada dos consumidores. Pretende-se elevar o nível de fidelidade em simulações posteriores.



Figura 4-15: Dinâmica RITE sendo conduzida com a Consumidora A.
Fonte: do autor.



Figura 4-16: Cartões da dinâmica RITE.
Fonte: do autor.

Os comportamentos dos atores foram medidos através da observação de suas falhas (os erros que impediram o prosseguimento de tarefas) e lapsos (os erros que causaram confusão no encaminhamento das tarefas). No fim de cada uma das simulações, as falhas e lapsos encontrados foram corrigidos. Essa nova versão então foi utilizada para conduzir a simulação com o próximo ator-chave, até o alcance do formato final. A tabela a seguir expõe as modificações que a dinâmica causou no Sistema.

Tabela 4-6: Resultados da simulação de baixa fidelidade.

Ator-chave	Requisito
Consumidora A	Incluir redes sociais como canal de comunicação mais relevante quando da procura de informações sobre os produtos. “Se eu gostei de um produto, procuro ele nas redes sociais pra saber mais”.
Consumidora A	Utilizar estratégia que permita os consumidores entenderem mais rapidamente que o produto adquirido é fabricado localmente. “Não dá pra saber onde o produto é feito só de olhar pra ele”.
Consumidora A	Incluir passo onde os montadores fornecem instruções de uso e conservação após a montagem e posicionamento do produto. “O moço (montador) poderia dizer se posso subir no móvel, como tem que limpar, se dá pra colocar onde eu quero”.
Consumidora B	Incluir passo onde as medidas do espaço são verificadas pelos consumidores, antes da customização dos produtos. “Tenho uma fita métrica que posso usar para saber o tamanho (do móvel) que preciso”.
Consumidoras A e B	Incluir processo existente de pesquisa e comparação de preços após a visita à loja local/ plataforma. “Nunca compro antes de ver se no concorrente está mais barato (o produto)”. “Visito duas ou três lojas antes de comprar pra ver se vale a pena”.
Consumidoras A e B	Incluir nova notificação com data e horário bem definidos antes da efetivação das entregas. “O problema de entregar em casa é que nem sempre eu sei quando que vão chegar”. “Aviso os vizinhos e os amigos para ver se a entrega chega quando não estou em casa, mas nem sempre é possível”.

Fonte: do autor.

O quadro 4-5 demonstra resumidamente as ações, os objetivos e os impactos e relações estabelecidos entre os atores durante esta fase.

Ações desempenhadas	1) Simulação do Sistema com baixa fidelidade.
Objetivos atingidos	1) As consumidoras vivenciaram os cenários desenvolvidos, melhorando-os sob o seu ponto de vista.
Impactos e relações entre os atores	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação foram afetados com as decisões tomadas.

Quadro 4-5: Resumo das ações do Ciclo 2.

Fonte: do autor.

4.3.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 2

4.3.4.1 Avaliação do Sistema pelos consumidores

Foi possível notar que as *Consumidoras A e B* se veem inseridas em ambos os cenários criados, considerando as modificações por elas requisitadas durante a dinâmica RITE. Seus requisitos são bastante objetivos e não demandam pesquisa, exceto por um deles, que fala de maneira aberta sobre uma nova estratégia que permita os consumidores entenderem mais rapidamente que o produto adquirido é fabricado localmente. Esta estratégia pode estar alinhada à abordagem utilizada no artigo de Moraes (2010), que distinguiu ícones e signos contemporâneos que decodificam culturas materiais e imateriais de certos territórios como forma de adicionar identidade própria em produtos regionais.

Para que seja possível entender a viabilidade da estrutura resultante do Sistema, entende-se que os demais atores-chave – fabricantes digitais e *makers* – devem considerar os impactos de todas as modificações sugeridas em seus processos, além de fazer novas proposições também. Esta fase, que acontecerá na sequência, pretende ser uma maneira de avaliar todo o conjunto de procedimentos do Sistema.

4.3.4.2 Avaliação do Sistema pelos *makers* e fabricantes digitais

Em primeiro lugar, foi apresentado aos fabricantes digitais e aos *makers* alguns documentos oriundos do presente ciclo de ação: o relatório preliminar de atividades, fotos da dinâmica RITE e os mesmos esquemas gráficos desenvolvidos, com as alterações das consumidoras. Dessa forma, estes atores puderam fazer uma série de novas recomendações que expandem ainda mais o conceito do Sistema, conforme pode ser observado na tabela 4-7.

Tabela 4-7: Resultado da avaliação dos *makers* e fabricantes no Ciclo 2.

Ator-chave	Requisito
Fabricante A	Viabilizar uma parceria com o serviço “156” da prefeitura de Curitiba para o recolhimento de produtos no fim de vida útil, o que auxiliaria no destino de resíduos coletados para reciclagem ou doação.
Fabricante B	Utilizar materiais sustentáveis, que causem baixo impacto ambiental.
Fabricante B	Viabilizar uma “lista de checagem unificada”, que especifica itens de projeto a ser inspecionados, visando o controle de qualidade dos produtos finais.
Fabricante B	Empregar sistemas de encaixe que permitam a montagem e desmontagem facilitada dos móveis que, além de responderem à uma característica direta do público alvo (referente às frequentes mudanças internas no arranjo familiar), auxiliam o serviço de descarte remunerado e a atividade de reciclagem.
Fabricante B	Valorizar o feedback dos fabricantes digitais e dos montadores com vistas ao aperfeiçoamento contínuo do Sistema.
Maker A	Motivar a participação de <i>makers</i> através da divulgação explícita da autoria de seus trabalhos nos diversos canais do Sistema.
Maker B	Incentivar o “montador freelancer”, que tem sido empregado como alternativa de baixo custo às empresas especializadas no mercado, e que pode favorecer impactos socioeconômicos locais positivos.
Makers A e B	Permitir que os arquivos de projeto estejam acessíveis e padronizados, facilitando os processos de intervenção nos produtos (pelos <i>makers</i>), e também a fabricação ágil de peças para reposição, upgrade e ressignificação (pelos fabricantes).

Fonte: do autor.

A avaliação feita pelas *Consumidoras A e B* foi compreendida pelos demais atores-chave, que acataram seus requisitos por acreditarem que são viáveis, relevantes e pertinentes para o Sistema, sem haver qualquer conflito de interesses. Entende-se o mesmo para as recomendações feitas pelos *Fabricantes A e B* e pelos *Makers A e B*.

Analisando as proposições feitas por todos os atores na etapa de avaliação, conclui-se o Ciclo 3 da presente pesquisa deverá contar com a coleta de informações que possibilitem:

- Identificar se há ícone ou signo contemporâneo no imaginário das consumidoras selecionadas que decodifique culturas materiais e/ou imateriais da Região Metropolitana de Curitiba como forma de auxiliar a identificação da procedência dos produtos ofertados pelo Sistema.

- Investigar sistemas de encaixe que possibilitem a montagem e a desmontagem facilitada dos móveis ofertados pelo Sistema.

No fim das reuniões, foi perguntado a cada um dos interlocutores quais deveriam ser as atividades principais do próximo ciclo de ação. Todos concordaram com o pesquisador que devem ser delineados os aspectos para o *design* de um produto compatível com o Sistema, além de depurados os conceitos já construídos.

4.3.4.3 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 2

O resumo das atividades do Ciclo 2 pode ser visto na tabela 4-8.

Tabela 4-8: Resumo das atividades do Ciclo 2.

Ferramentas utilizadas no Ciclo 2	a) <i>Brainstorming</i> (BAXTER, 1998); b) <i>Workshop</i> ; c) <i>Customer Journey Mapping Game</i> (TASSI, 2016); d) <i>Blueprint</i> (TASSI, 2016); e) <i>RITE - Rapid Iterative Testing Evaluation</i> (MEDLOCK et al., 2002); f) <i>Think Aloud</i> (TASSI, 2016).
Ações desempenhadas	1) Simulação do Sistema com baixa fidelidade.
Resultados das ações	1) Os consumidores vivenciaram os cenários do Sistema, ajudando a refinar seu conceito.
Análises do pesquisador	Através das análises, o pesquisador pôde: 1) Criar cenários e jornadas para os consumidores do Sistema; 2) Estabelecer as relações para o funcionamento do Sistema através de um blueprint.
Feedback dos atores-chave	Os atores-chave forneceram sugestões e impressões sobre o conceito do novo Sistema, adequando-o para suas necessidades.
Recomendações para o próximo ciclo	Desenvolvimento de produto open-source e depuração do Sistema. Deverão ser investigados: Ícone ou signo contemporâneo regional no imaginário das consumidoras; Sistemas de encaixe que possibilitem a montagem e a desmontagem facilitada.

Fonte: do autor.

4.4 CICLO 3 – DESIGN DE PRODUTO E DEPURAÇÃO DO SISTEMA

O Ciclo 3 tem como objetivo principal o desenvolvimento de um produto *open-source* que seja compatível com os serviços ofertados pelo

Sistema concebido anteriormente, bem como com os requisitos dos atores-chave. Além disso, será realizada uma nova simulação com o propósito de depuração do conceito do Sistema.

As ferramentas utilizadas no Ciclo 3 são: a) Entrevista semiestruturada; d) Brainwriting 635 (BAXTER, 1998); b) Workshop; e) Painel Semântico (BAXTER, 1998); f) RITE (MEDLOCK et al., 2002); g) Think Aloud (TASSI, 2016).

4.4.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 3

4.4.1.1 Necessidades do público-alvo para mobiliário residencial

Como forma de aporte à criação de um novo produto *open-source* que esteja especificamente alinhado aos requisitos dos moradores de Habitação de Interesse Social, dados específicos sobre este público foram levantados da literatura. Além disso, foi realizada uma entrevista semiestruturada (Requisitos do público-alvo para mobiliário - Apêndice F) com as *Consumidoras A e B* (figura 4-17). Todas as informações recolhidas se tornarão, após sua análise, requisitos parciais para o projeto do produto.



Figura 4-17: Entrevista sendo realizada com a Consumidora B.
Fonte: do autor.

A tabela exibida a seguir, apresenta os dados coletados nas entrevistas. Essa dinâmica reflete, mais propriamente, quais os requisitos que as *Consumidoras A e B* almejam ver nos produtos do Sistema. Junto destes requisitos estão as falas que originaram tais abordagens. Destaca-se que esta entrevista também tentou identificar a presença de ícone ou signo contemporâneo local no imaginário das consumidoras, o que será utilizado como forma de auxiliar a identificação da origem dos produtos ofertados pelo Sistema, conforme reflexão realizada na fase IV do Ciclo 2.

Tabela 4-9: Necessidades das consumidoras para mobiliário residencial.

Temas	Consumidora A	Consumidora B
Questões práticas	<p>a) Preço acessível. <i>“A primeira coisa que vejo quando vou comprar móveis é o preço”.</i></p> <p>b) Durabilidade no uso cotidiano. <i>“Metade dos móveis de casa estão faltando partes ou quebrados”.</i></p> <p>c) Montagem. <i>“Compro em lojas que já dão a montagem de graça”.</i></p> <p>d) Customização. <i>“Queria que o armário do quarto fosse menor. Tive que tirar as portas para caber”.</i></p>	<p>a) Preço acessível. <i>“Se não for barato, nem olho mais”.</i></p> <p>b) Resistência à umidade. <i>“Não encosto os armários na parede porque mofam”.</i></p> <p>c) Montagem. <i>“Só montaria meu próprio móvel se fosse muito fácil e mais barato”.</i></p> <p>d) Desmontagem. <i>“Quando me mudei, quase tudo que desmontei pra trazer não encaixava de volta”.</i></p> <p>e) Multifuncionalidade. <i>“O móvel que mais uso em casa é uma mesa baixa, que levo pra todos os cômodos”.</i></p>
Questões estéticas	<p>a) Superfície. <i>“Procuro móveis que tragam alegria para casa”.</i></p> <p>b) Conjuntos e kits. <i>“Aquele quarto, só coloco coisas vermelhas e que combinam com o que tenho”.</i></p>	<p>a) Conservadorismo na linguagem estética. <i>“Não gosto daquelas coisas loucas, que nem dá pra entender pra que servem”.</i></p>
Questões simbólicas	<p>a) Marca. <i>“Gosto de coisas de marca chique, que dá pra sentir no toque”.</i></p>	<p>a) Marca. <i>“Teria todas as coisas da marca (suprimido), que é a mais conhecida”.</i></p>

Fonte: do autor.

As questões práticas sobre o mobiliário foram predominantes nas entrevistas, com um visível entusiasmo das interlocutoras em comunicar quais as necessidades essenciais funcionais que gostariam nos produtos. O primeiro item a ser discutido em ambas as ocasiões foi sobre o preço do produto, que deve ser compatível com a realidade do público de baixa renda. Na sequência, apareceram questões sobre a resistência dos móveis.

Lepre (2008) constatou que 99,52% dos móveis em habitações de baixa renda apresentam danos aparentes, o que corrobora a fala das interlocutoras, ávidas por soluções que sejam mais duráveis. A autora, no entanto, explica que boa parte dos danos acontecem através de processos de montagem e desmontagem, decorrentes de uma atividade migratória característica das famílias de baixa renda. Essa característica pôde ser evidenciada nas falas das *Consumidoras A e B*, que relataram este problema em específico.

Pode-se afirmar, no entanto, que, no caso da *Consumidora A*, está clara sua preferência em adquirir móveis em locais onde a montagem já está inclusa no preço final do produto. Essa característica já havia sido observada na dissertação de Fukushima (2009), que apontou que o DIY não representa a preferência do público de baixa renda no que tange à modalidade de montagem de móveis residenciais e que, por conseguinte, se refletiu na construção das Personas e dos cenários de uso na presente pesquisa. Por fim, a multifuncionalidade aparece como requisito para a *Consumidora B*. Isso está relacionado, segundo Fukushima (2009), ao espaço reduzido das Habitações de Interesse Social, que não comportam produtos em quantidade. Intui-se que isso se agrava por haver também uma carência no que tange a oferta de produtos práticos, compactos e multifuncionais no mercado voltado o público de baixa renda.

Sobre as questões estéticas, verificou-se o desejo da *Consumidora A* em fazer composições e “conjuntos” de móveis, agrupando-os de acordo com suas semelhanças formais. Além disso, foi percebido também que há um certo conservadorismo da *Consumidora B* com relação a alguns aspectos estéticos dos produtos que adquire, que não podem ser muito diferentes do “convencional” - as ofertas mais comuns no mercado. A assimetria, por exemplo, não é bem quista pela interlocutora para um móvel como um armário. Para melhor entender do que se trata este “convencional”, verifica-se a possibilidade de conduzir uma atividade posterior que possibilite o mapeamento de um suposto código estético do público-alvo.

Por fim, referente às questões simbólicas, percebeu-se uma ânsia, nas *Consumidoras A e B*, pelo consumo de determinadas marcas que consideram “melhores” e “mais chiques”. Pode-se perceber, nesse sentido, que há um efeito que determina a escolha final destas interlocutoras, onde a presença de um determinado símbolo altera suas percepções de consumo. No que se refere à região de Curitiba, a qual pertencem, ambas as interlocutoras apontaram que o símbolo do pinhão nas calçadas de petit-pavé do centro da metrópole (figura 4-18) é ícone recorrente e que representa a cultura e a identidade locais. Nesse sentido, como forma de enfatizar as questões locais abordadas pelo Sistema, este símbolo será estampado nos produtos ofertados.



Figura 4-18: Pinhões ilustrados em calçada de petit-pavé de Curitiba.
Fonte: Takeuchi, 2013.

Ao final da dinâmica da entrevista semiestruturada, foi perguntado mais objetivamente qual mobiliário as consumidoras selecionadas necessitam atualmente. Os requisitos específicos para estes artefatos não foram explorados em sua totalidade neste momento, sendo que os mesmos serão aprimorados durante a dinâmica de implementação piloto do sistema, posteriormente.

A *Consumidora A* disse que precisa de uma mesa pequena e baixa para apoio. Sua intenção é deixá-la em seu quarto, em um espaço de 30

centímetros que há ao lado da cama (figura 4-19, à direita). Dessa maneira seria possível armazenar objetos que gostaria que estivessem sempre à mão durante a noite, como seus óculos e um copo de água. Atualmente estes objetos ficam no chão. Para esta mesa de apoio, a interlocutora disse que ficaria satisfeita se houvesse alguma opção a respeito do seu tampo, que normalmente era encontrado no mercado em formas redondas ou quadradas. De maneira mais específica, comentou ter gostado de um modelo que viu na televisão que tinha formato hexagonal.

Já a *Consumidora B* relatou necessitar de uma banqueta alta para uma bancada (figura 4-19 à esquerda) que possui entre a sala e a cozinha de sua casa. Atualmente os assentos que estão neste local são mais baixos que o ideal. Como exigência, este interlocutor disse que o móvel deveria possuir encosto, pois sua utilização teria mais conforto.

As imagens dos espaços das *Consumidoras A e B*, vistas a seguir, foram fotografadas pelas mesmas e enviadas para o pesquisador através de um aplicativo de celular.

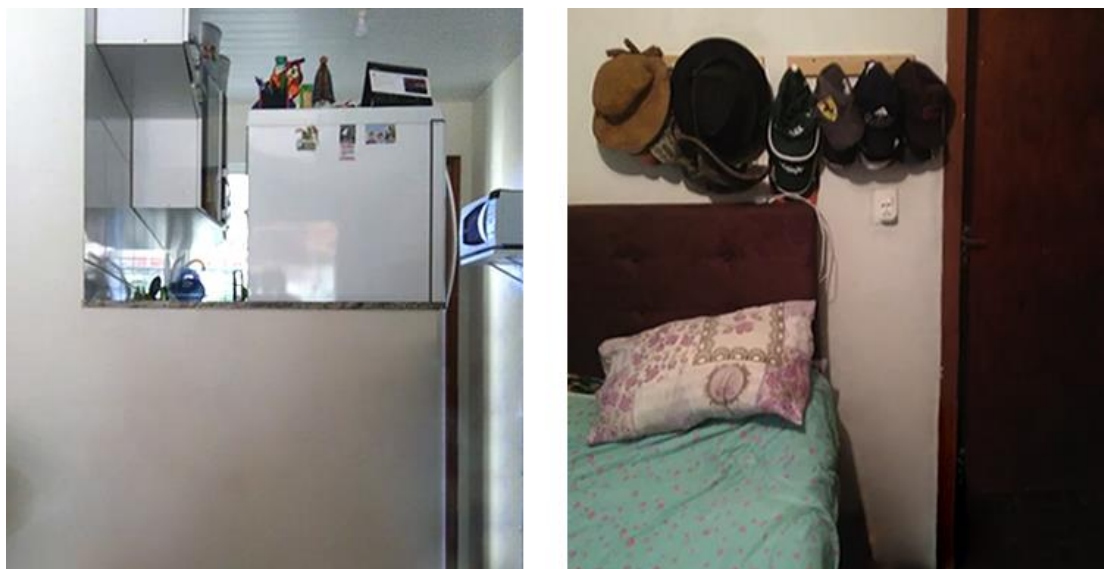


Figura 4-19: Espaços das consumidoras A (direita) e B (esquerda).
Fonte: do autor, cedido pelas interlocutoras.

As informações recolhidas serão analisadas em uma seção posterior. Na sequência são investigadas as implicações dos serviços do Sistema no *design* do produto.

4.4.1.2 Implicações dos serviços no produto

Para além das necessidades dos consumidores, entende-se que a forma dos produtos também se orientará por implicações causadas pelas características dos serviços ofertados pelo Sistema. Dessa forma, a tabela 4-10 reúne tais implicações para cada caso.

Tabela 4-10: Implicações dos serviços no *design* do produto.

Serviço	Implicações para os produtos
Serviço de customização	Os produtos devem possuir características comuns que criem uma linguagem própria e facilitem a produção e ajuste a demandas específicas, viabilizando economicamente a customização em massa.
Serviço de montagem	Os produtos devem ser intuitivos, fáceis de montar e desmontar, com informações sobre montagem integradas ao mesmo, de forma a viabilizado tanto o DIY quanto o serviço de montagem.
Troca-móveis	Informações sobre as especificações do produto devem estar ao alcance daqueles que desejam comprar o móvel usado, se possível no próprio produto.
Descarte remunerado	As peças dos produtos devem ser numeradas para que sejam catalogadas e organizadas em uma biblioteca.
Meu desenho	Os móveis devem ser concebidos de forma que favoreçam o ajuste de parâmetros, permitindo que suas dimensões e outros atributos estéticos sejam customizáveis.
Concurso <i>maker</i>	Os produtos devem ser pensados para que possam ser alterados com facilidade, além de estampar o nome dos autores dos projetos.

Fonte: do autor.

Para estes produtos, na próxima seção serão investigadas quais as abordagens que de projeto e produção deverão ser utilizadas na opinião dos *makers* selecionados.

4.4.1.3 Indicações dos *makers* para projeto e produção

Em uma reunião que contou com a presença dos dois *makers* simultaneamente, foram debatidas e coletadas as indicações para o projeto e produção dos artefatos ofertados pelo Sistema. A tabela 4-11, na sequência, aponta quais foram as observações feitas por estes interlocutores.

Tabela 4-11: Indicações dos makers para projeto e produção.

Característica	Indicações para os produtos
Intercambialidade de peças	Havendo a intercambialidade de peças, é aberta uma alternativa factível para o reparo, e venda de móveis usados. Além disso, os consumidores poderão mais facilmente alterar e adicionar funções aos seus produtos.
Alteração/ Adição de função	Quando há a possibilidade de alterar ou adicionar funções aos produtos, os consumidores poderão customizá-los (por conta própria ou através das opções compartilhadas na plataforma) de maneira com que correspondam a seus níveis de satisfação.
Upgrade	Podem ser ofertados e estimulados os arranjos que possibilitem o upgrade de peças pré-existentes.
Materiais	Priorizar o projeto monomaterial, utilizando chapas de compensado multilaminado de 15mm de espessura.
Processo de Fabricação Digital	Sistema subtrativo (corte de chapa em máquina CNC).
Montagem	Os produtos podem ser ofertados montados ou pré-montados. Neste último caso, o valor do produto deve ser mais competitivo e o processo facilitado, permitindo sua configuração em poucos passos. Podem ser utilizados dispositivos à prova de erros (e.g. poka-yokes) e também enviadas ferramentas básicas para a operação (e.g. martelo de borracha).
Acabamentos	Podem ser utilizadas uma variedade de acabamentos. Entre os compatíveis com o processo de fabricação, pode-se citar o envernizamento, a pintura e o uso de laminados melanímicos.
Licença de uso	CERN Open Hardware Licence.

Fonte: do autor.

Segundo os *Makers A e B*, é importante que exista uma linguagem única para os produtos, que deve ser aplicada e aprimorada continuamente. Tal abordagem implica no desenvolvimento de uma “família” de produtos, o que, segundo os interlocutores, favorece a harmonização dos artefatos no ambiente do morador, a produção e a montagem facilitadas, a intercambialidade de peças e a viabilização econômica dos serviços ofertados pelo Sistema. Além disso, esta estratégia

poderia ser capaz de viabilizar o *upgrade*, a alteração e a adição de funções nos produtos adquiridos. De acordo com Lepre (2008), os móveis destinados ao público de baixa renda no mercado não são flexíveis para se adaptar as mudanças que ocorrem no ambiente, ao longo do ciclo de vida do produto. Mellis (2011), no entanto, é preciso ao dizer que a Fabricação Digital permite uma grande flexibilidade no projeto de artefatos, sendo alternativa que agiliza a compatibilidade com necessidades transitórias específicas dos consumidores.

No que se refere aos materiais utilizados, foi indicado o uso do compensado multilaminado de 15mm de espessura por este ser abundante no mercado e possuir resistência e rigidez à flexão estática superior a chapas de MDF e OSB, por exemplo (BORTOLETTO JÚNIOR; GARCIA, 2004). Os *Makers A e B* também recomendaram priorizar a utilização de apenas um material (a madeira) para a composição do produto final, o que facilita os processos de reparo e reutilização da matéria-prima (MANZINI, VEZZOLI, 1998). No entanto, segundo a experiência relatada pelos *makers*, não é incomum que haja a necessidade de utilização de outros suportes que viabilizem a composição estética e funcional desejada nos projetos que desenvolvem. Nesse sentido, são admitidos, de forma estratégica, a utilização de colas (branca e de contato), parafusos e cavilhas.

Outra característica importante do projeto é o uso de uma licença específica *open-source*, que possa reger as permissividades de compartilhamento e atribuição de autoria dos artefatos. Neste quesito, segundo os *makers*, existem algumas opções já concebidas e disponíveis para replicação, porém a maioria delas é voltada para produtos digitais. Para o caso em específico, foi recomendada pelos *Makers A e B* a CERN Open Hardware Licence³⁰, que, de acordo com os interlocutores, vem se difundindo com bastante velocidade no momento de escrita deste trabalho. As diretrizes dessa licença e sua aplicação serão exploradas na próxima seção.

³⁰ Disponível em: <http://www.ohwr.org/projects/cernohl/wiki/>.

Para o processo de desenvolvimento do produto, foi indicada a utilização da impressão 3D para a visualização da solução em escala. Para isso recomendaram a utilização dos seguintes softwares: a) Sketchup³¹, para o desenho tridimensional digital em formato STL; b) Slic3r³², para a geração do G-Code, que é linguagem de programação que dá os comandos para a máquina; c) Repetier³³, para as configurações, simulações e o controle da impressão propriamente dita. O software “a” é proprietário. O “b” e o “c” são *open-source*.

Como processo de fabricação, os *Makers A e B* consideraram a utilização do sistema subtrativo para a confecção das diferentes peças do produto. Para isso, deve-se preparar os arquivos de uma maneira específica. Como elas serão confeccionadas a partir do perfilamento (o recorte de um perfil) de uma chapa de compensado multilaminado, recomendou-se o desenho de cada uma das peças do produto em 2D. Para esta atividade e para as demais, incluindo todo o processo de fabricação, foram sugeridos os seguintes *softwares*: a) AutoCAD³⁴, para o desenho digital em formato de arquivo DWG, mais confiável na ocasião da interpretação dos dados por outros programas; b) ArtCAM³⁵, que interpretará o arquivo anterior e calculará os percursos feitos pela máquina, convertendo o projeto para o G-Code (formato TAP). Além disso, este programa faz o cálculo de aproveitamento do material, importante para a diminuição no uso de recursos e para o aumento da produtividade; c) Mach3³⁶, que interpreta o G-Code e faz o controle do fresamento. Estes três *softwares* são proprietários.

Na próxima seção podem ser vistas as indicações dos fabricantes digitais para o projeto e produção dos artefatos do Sistema.

³¹ Disponível em: <http://www.sketchup.com/>.

³² Disponível em: <http://slic3r.org/>.

³³ Disponível em: <https://www.repetier.com/>.

³⁴ Disponível em: <http://www.autodesk.com.br/products/autocad/overview/>.

³⁵ Disponível em: <http://www.artcam.com/>.

³⁶ Disponível em: <http://www.machsupport.com/software/mach3/>.

4.4.1.4 Indicações dos fabricantes digitais para projeto e produção

Os fabricantes digitais foram consultados para avaliar as características técnicas de seus equipamentos e como esperam receber os arquivos digitais. Esta coleta de dados foi realizada através de um questionário respondido via email (Apêndice G). A tabela 4-12 faz um resumo destas propriedades para cada um destes atores.

Tabela 4-12: Indicações dos fabricantes digitais para projeto e produção.

Propriedades	Fabricante A	Fabricante B
Modelo da máquina	WWM K1325AT (importada). 3 eixos.	Fabricação própria. 3 eixos.
Materiais aceitos	Madeira, metais leves e polímeros.	Madeira, metais leves e polímeros.
Dimensões máximas do material	1,6m X 2,6m X 0,4m (nos eixos X, Y e Z).	1,3m X 2,5m X 0,3m (nos eixos X, Y e Z).
Formato de arquivo	TAP (G-Code).	TAP (G-Code).
Especificações da ferramenta	Fresa de 6mm X 15mm de topo reto, 2 cortes.	Fresa de 6mm X 15mm de topo reto, 2 cortes.

Fonte: do autor.

Como balizamento para a concepção dos produtos, serão consideradas as características do *Fabricante B*, que possui equipamento com performance inferior ao do *Fabricante A* em se tratando das dimensões possíveis de fabricação. Dessa forma, as chapas de madeira compensada devem ter tamanho menor ou igual a 1,3 metros de largura, 2,5 metros de profundidade e 30 centímetros de altura. Se houver a necessidade de fabricação de componentes em outro material, podem ser utilizados metais leves e polímeros.

Os equipamentos dos *Fabricantes A e B* trabalham em três eixos (X, Y e Z). Conforme Pupo (2009) salienta, para o trabalho que será executado, entende-se que este número é o suficiente, já que não serão feitos relevos ou outros trabalhos mais complexos que a perfilagem. A utilização da fresa de

topo reto de dois cortes também é a mais adequada para o caso em específico de acordo com o *Fabricante A*, que se apoia nas diretrizes do fabricante para dar seu argumento.

4.4.1.5 Montagem e desmontagem facilitada

Esta atividade de coleta de dados está direcionada à investigação de esquemas de encaixe que permitam a montagem e desmontagem facilitada dos produtos ofertados pelo Sistema, o que surgiu como indicação do *Fabricante B* durante a fase IV do Ciclo 2 para uma necessidade percebida do público-alvo.

Com maior experiência neste tipo de trabalho, o *Maker A* foi o interlocutor que mais colaborou com esta tarefa, apesar de terem sido consultados também o *Maker B* e os *Fabricantes A e B*. Foi recomendada a leitura do material desenvolvido por Gros (2014), que compilou diversos “encaixes digitais” (para fabricação em CNC) em um documento digital *open-source* (figura 4-20).

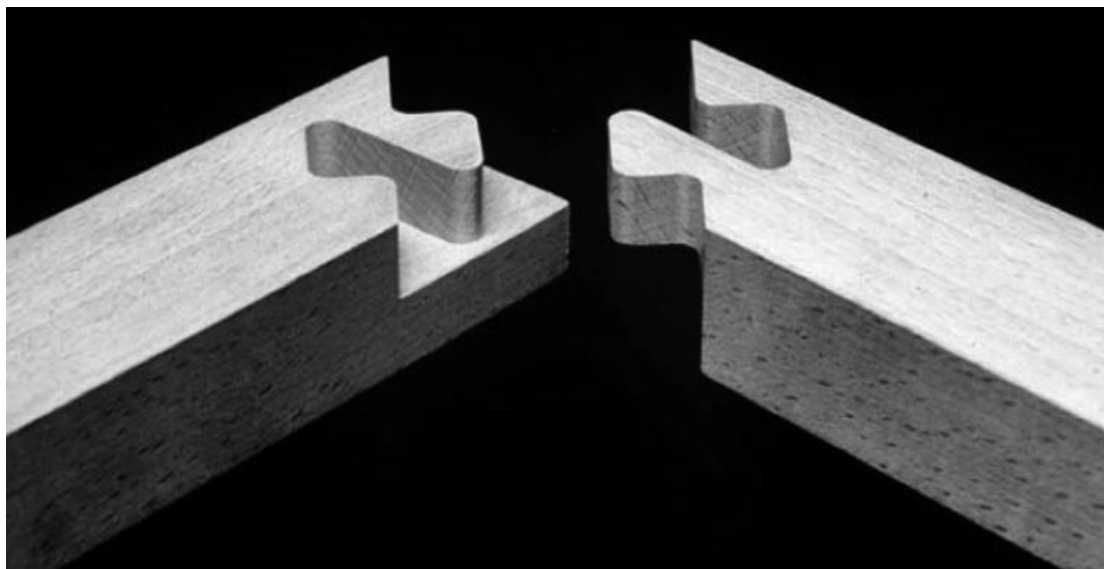


Figura 4-20: Exemplo de encaixe feito em CNC.
Fonte: Gros (2014).

Os encaixes listados no texto de Gros (2014) foram inspirados nas técnicas construtivas japonesas, que empregavam conexões complexas nas construções de seus templos³⁷. O *Maker A* disse ter testado a maior parte destes encaixes, que necessitam de grande precisão para que funcionem adequadamente, o que as máquinas CNC são capazes de ofertar. Este fato exige, no entanto, que o material utilizado também seja resistente a deformações e não possua variabilidade em suas dimensões, tais como peças de madeira bruta e beneficiada.

No caso de se utilizar o compensado multilaminado, o que foi recomendado para o presente trabalho, o *Maker A* disse que a utilização da maior parte dos encaixes de Gros (2014) se torna inviável. Isso está ligado ao fato de que o material possui uma variância na espessura ao longo de suas chapas, que é resultado das características de baixa densidade e da frequente presença de “nós” nas madeiras de Pinus e Virola, comumente utilizadas como matéria-prima deste material no Brasil. Como resultado, os encaixes não possuem o “aperto” necessário para se fixarem da maneira correta, ou então não se conectam. Compensados feitos de Bétula, madeira proveniente de regiões mais frias, como os Estados Unidos e a Europa em geral, possuem qualidades bastante superiores, neste sentido.

Dessa forma, foi recomendada a utilização de um tipo de encaixe mais simples, baseado em um esquema de saliências e reentrâncias, o qual é referido mais comumente pelos nomes “macho-fêmea” ou “U” (figura 4-21) nos circuitos *maker*. Este modelo permite a montagem e desmontagem com mais facilidade e também dá maior flexibilidade aos processos criativos que envolvem alteração de funções por seus usuários.

Deve-se atentar, no entanto, para o tipo de ferramenta utilizada para a confecção deste tipo de encaixe, segundo o *Maker A*. Para o presente trabalho, como foi definida a utilização de máquina CNC de Fabricação Digital, devem ser tomados alguns cuidados. Isso está ligado ao tipo de

³⁷ Ao longo de vinte anos, Gros (2014) estudou estes encaixes no âmbito da Hochschule für Gestaltung Offenbach, universidade alemã de arte e *Design*.

ferramenta de corte nessa máquina: a fresa. Esta ferramenta é cilíndrica e, por isso, é incapaz de fazer ângulos de 90 graus perfeitos (figura 4-23), impactando na qualidade das conexões, que não se dão por completo. Dessa forma, os recortes dos encaixes devem possuir pequenas “entradas”, como pode ser observado na figura 4-22.

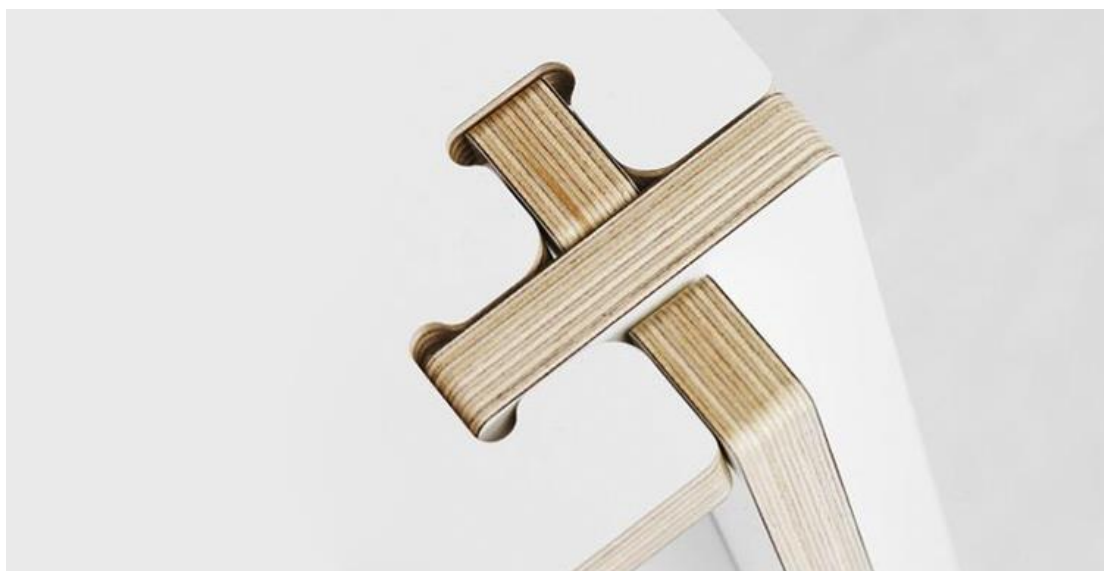


Figura 4-21: Sistema de encaixe tipo "macho-fêmea" ou "U" sendo empregado.
Fonte: Fraaiheid (2016).



Figura 4-22: Da esq. para dir.: corte 90°, corte 90° com fresa cilíndrica e solução para encaixe perfeito.
Fonte: do autor.

Na sequência, todos os dados coletados no Ciclo 3 serão debatidos e, então, são definidas as particularidades para o *briefing* do projeto de produto para o Sistema.

4.4.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 3

4.4.2.1 Briefing do projeto de família de produtos

Em um primeiro lugar, entende-se que os valores econômicos e percebidos são questões centrais em um contexto onde se compete diretamente com a indústria de massa, que trabalha com grandes volumes e preços baixos. Nesse sentido, as soluções desenvolvidas deverão considerar “preço” e “diferenciação” como critérios qualificados para alcançar competitividade junto ao morador de baixa renda, dentro de um cenário com determinada densidade de usuários que viabiliza os produtos e serviços do Sistema. Como parâmetro para o que será desenvolvido, entende-se que os novos produtos deverão competir com outros que são mais baratos, práticos e simples, em detrimento daqueles com valor de mercado mais elevado.

Devem ser considerados também em primeiro plano os requisitos que são reflexos da oferta dos serviços do Sistema, pois entende-se que são cruciais para adequação ao seu conceito. Entre eles (podem ser vistos na tabela 4-9 da seção 4.4.1.2), há uma demanda por questões informacionais que ainda não foi resolvida no escopo do trabalho. Tais informações consistem em especificações do produto (toda a coletânea de materiais que permitem seu entendimento e fabricação), as peças utilizadas e suas propriedades, manuais de montagem e desmontagem e as possibilidades de customização, que devem acompanhar todos os artefatos adquiridos. Em um sistema convencional, estes itens podem vir impressos, porém estão sujeitos à perda e ao extravio. Como alternativa a isto, é proposta a utilização de um

código tipo QR Code³⁸ gravado a laser na superfície do produto, que dá acesso a todos estes dados através de um banco de dados da plataforma. Além dos consumidores, fabricantes digitais e *makers* também podem consultar esta ferramenta para, por exemplo, oferecer feedback a dúvidas dos clientes e para saber quais são e se estão disponíveis peças para reposição.

Analisando os demais requisitos, que são oriundos dos atores-chave, é possível entender que o conceito para a família de produtos está relacionada à oferta de mobiliário residencial *open-source* útil e de preço acessível (com possibilidade de compra por partes) à moradores de Habitação de Interesse Social, duráveis para o uso cotidiano e prolongado, montados ou pré-montados, com montagem e desmontagem intuitiva e de baixa complexidade (com o envio de ferramentas básicas e a possibilidade de uso de dispositivos poka-yoke) e que favoreçam o *upgrade*, a alteração e a adição de funções através do emprego de peças intercambiáveis. Para sua materialização, deve ser utilizada a usinagem CNC e priorizada a abordagem monomaterial (compensado multilaminado reflorestado) com alguma flexibilidade quanto ao uso estratégico de parafusos, colas e cavilhas. Em seu acabamento podem ser empregados processos de pintura, envernizamento ou revestimento melanímico. Suas peças devem ser numeradas para a catalogação e armazenamento, referente ao serviço de descarte remunerado.

Toda a família de produtos ofertada no Sistema deverá ser licenciada sob a CERN OHL, que permitirá o envolvimento de terceiros na criação de novas soluções em um processo mutuamente benéfico: os usuários se apropriam dos arquivos abertos, adequando-os às suas necessidades, transformando-os para suas realidades; o Sistema estuda as novas soluções, recombina-as para promover o crescimento e melhoramento contínuo de suas ofertas. O *designer*, neste contexto, poderia trabalhar para o

³⁸ QR Code é um código de barras que pode ser escaneado por aparelhos celulares dotados de uma câmera, o qual, após decodificado, é convertido em texto, link, email, contato ou SMS (PRASS, 2011).

refinamento de soluções, garantindo as características previstas e colaborando no processo de melhoramento.

A família de produtos deveria ter também uma linguagem visual coesa que permeasse todos os produtos e criasse um conjunto de características que estejam alinhadas às preferências dos consumidores. Este código estético é próprio deste público-alvo e foi construído através da interpretação do pesquisador com base no que foi coletado na entrevista com as *Consumidoras A e B* durante o Ciclo 3, cuja identidade básica pode ser visualizada no Painel Semântico (BAXTER, 1998) desenvolvido (figura 4-23).



Figura 4-23: Painel semântico para o *design* dos produtos do Sistema.
Fonte: do autor.

Percebe-se através da imagem que foi entendido que há o predomínio da opção por elementos rústicos, que exploram a cor e os veios das madeiras, que perpassam a sensação de rigidez e durabilidade. As consumidoras selecionadas não demonstram, no entanto, o apego à móveis

antigos e suas histórias, valorizando o novo, o moderno e o “tecnológico”. Intui-se que esta “mistura” de conceitos é proveniente do gosto e da ânsia de consumo daquilo que foi recém introduzido no mercado, porém sem abrir mão da ideia do “investimento certo” em bens que são duráveis e que sejam capazes de transpor o ritmo da obsolescência estética mercadológica. Deve-se reforçar, no entanto, que essas características não são generalizáveis a todo o público de baixa renda, refletindo tão somente a opinião das duas interlocutoras da pesquisa.

Devem ser considerados ainda que a escolha de determinadas abordagens para o Sistema terá repercussão no visual final dos produtos. A utilização de sistemas subtrativos de Fabricação Digital e a opção por dispositivos intuitivos de montagem e desmontagem, como exemplo, por vezes podem gerar encaixes mais aparentes. Entende-se que, através da interação com o produto e com uma posterior avaliação, será possível perceber a aceitação ou não dos consumidores para com as questões estéticas dos produtos.

Como forma de enfatizar as questões locais, será utilizada a figura de um pinhão, que é ícone recorrente e presente no imaginário das *Consumidoras A e B*, conferindo aos produtos um elemento mínimo para remetê-los às culturas e práticas da Região Metropolitana de Curitiba. Não é a intenção do pesquisador apresentar tal ícone dentro da noção de *marca*, posto que não há uma organização claramente envolvida. Entende-se que outras estratégias (mais aprofundadas, melhor elaboradas, que demandam pesquisas específicas e tempo) também poderiam ser utilizadas para enfatizar questões territoriais, como a utilização de padronagens específicas no design de superfície e de atividades estratégicas de posicionamento, como o *branding*. Nesse caso, poderia ser propagada uma lógica de produção e consumo específica, junto a uma organização reconhecida pelo usuário ou atrelada a uma nova organização em rede desenvolvida para este propósito, com vistas à obtenção de cenários mais sustentáveis.

A solução que deve ser desenvolvida neste ciclo de ação, mais especificamente, deverá transitar entre uma mesa lateral de apoio

(requisitada pela *Consumidora A*, que deu preferência a um tampo de formato hexagonal) e um banco (requisitado pela *Consumidora B*, que gostaria que fosse alto, com encosto e colorido).

4.4.2.2 Aplicação de licença *open-source*

Conforme definido anteriormente, seguindo-se as sugestões dos *makers* selecionados para a pesquisa, os produtos do Sistema desenvolvido serão licenciados sob as diretrizes do documento CERN Open Hardware Licence (CERN OHL). O acrônimo CERN (Counseil Européen pour la Recherche Nucléaire) se refere à Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear³⁹, um órgão fundado no ano de 1952 com o intuito de organizar e liderar as pesquisas sobre física fundamental na Europa (CERN, 2016).

Esta licença permite o uso, a cópia e a modificação de projetos originais, requisitando apenas a comunicação e a distribuição da nova documentação ao público e ao licenciador original (CERN OHL GUIDE, 2014). Além disso, a CERN OHL define que o licenciado poderá fabricar ou distribuir produtos sob a mesma licença, desde que submeta uma cópia da documentação ou documentação modificada ao licenciador. É sugerido ao licenciado (que nesse momento passa a ser licenciador também) que passe as informações sobre o tipo, a quantidade e as datas de produção do artefato fabricado (CERN OHL GUIDE, 2014).

De acordo com o guia de utilização da CERN OHL (CERN OHL GUIDE, 2014), como pré-requisito, a autoria do produto que se deseja licenciar deve ser livre de disputas. Se o artefato estiver vinculado a mais de

³⁹ Em 2011 a CERN criou a iniciativa Open Hardware Repository, uma plataforma online colaborativa que visa o desenvolvimento, a transferência e difusão de novas tecnologias. De acordo com Giampietro (2013), neste mesmo momento foi identificada a necessidade de uma ferramenta legal que permitisse o compartilhamento de conhecimento e também a comercialização de produtos dentro de condições específicas, tal como já se fazia com os softwares *open-source*. Foi neste contexto onde se elaborou a licença CERN OHL, pensada para trazer os princípios do movimento de *software open-source* para o *hardware*.

uma pessoa ou a uma entidade, deve haver um acordo entre os proprietários para lançá-lo como *hardware open-source* sob a licença em questão.

Os arquivos digitais do produto devem permitir uma leitura clara das especificações de projeto. Não há limites para o número de documentos, porém é estabelecido que desenhos técnicos, esquemas e layouts de fabricação estejam em seus formatos originais. Em todos estes arquivos deve-se incluir o seguinte cabeçalho (CERN OHL GUIDE, 2014):

Copyright (NOME DO AUTOR) 2016. Esta documentação descreve um Hardware Aberto que está licenciado sob a CERN OHL v.1.1. Você pode redistribuir e modificar esta documentação sob os termos da CERN OHL v.1.1 (<http://ohwr.org/cernohl>). Esta documentação é distribuída SEM QUALQUER GARANTIA EXPRESSA OU IMPLÍCITA, INCLUINDO PARA O CASO DE VENDA, QUALIDADE SATISFATÓRIA OU ADEQUAÇÃO PARA PROPÓSITOS PARTICULARES. Por favor veja a CERN OHL v.1.1 para condições aplicáveis.

Além dessa obrigatoriedade, o guia também define que todos os documentos devem ser incluídos em um pacote arquivos juntamente com outros mais, a saber (CERN OHL GUIDE, 2014):

- A Licença CERN OHL v.1.1 em arquivo PDF (Apêndice H);
- O guia de utilização em arquivo PDF (Apêndice I);
- Arquivos formato TXT, onde informações podem ser adicionadas, mas nunca removidas, listando:
 - O contato do licenciante que deseja receber documentações modificadas⁴⁰ (CONTRIB.TXT);
 - O contato no qual se pode receber mais informações sobre o produto (PRODUCT.TXT);
 - Arquivo que documenta todas as modificações realizadas no produto até o momento presente (CHANGES.TXT).

⁴⁰ A CERN OHL permite que licenciados modifiquem qualquer parte da documentação. Para isso, no entanto, torna-se obrigatório reportar estas modificações para o licenciador original.

Por último, a utilização da licença CERN OHL também implica em incluir a seguinte frase no artefato físico, produto dos arquivos digitais: *Licenciado sob a CERN OHL v.1.1.*

O quadro 4-6 expõe o planejamento das ações do Ciclo 3.

Ações que serão desempenhadas	1) Geração de alternativas para o conceito do Sistema.
Objetivos	1) Através dos requisitos dos atores-chave, o conceito do Sistema deverá ser estabelecido.
População beneficiada/afetada	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação serão afetados.

Quadro 4-6: Planejamento das ações do Ciclo 3.
Fonte: do autor.

4.4.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 3

4.4.3.1 Geração de alternativas para produto compatível com o sistema

O processo de concepção do mobiliário doméstico se deu em três encontros com os *makers* selecionados, em três dias consecutivos. Os participantes, neste período, puderam se envolver em um *workshop*, onde aconteceram várias dinâmicas que culminariam em uma solução para o *briefing* apresentado anteriormente.

O primeiro procedimento foi a exposição dos dados coletados pelo pesquisador, que são fonte de informação relevante e fundamental para a condução da proposta. Na sequência, foi desenvolvido o método de *Brainwriting 635* (BAXTER, 1998), cuja aplicação teve enfoque na geração de alternativas para os produtos. O número de soluções, considerando aquelas únicas e todas suas variações, foi superior a uma centena.

Estas alternativas foram então agrupadas por similaridade em dois grupos⁴¹: a) as que utilizam apenas o sistema de fixação removível definido

⁴¹ Junções removíveis possibilitam a separação das partes através de entalhes na própria peça (e.g. encaixes); junções semi-removíveis permitem a separação das partes cujo

na seção 4.4.1.5; b) as que necessitaram sistemas semi-removíveis ou junções permanentes para sua viabilização. Como forma de adequar o produto à proposição do *Maker A*, do uso de encaixe tipo “macho-fêmea”, as alternativas do grupo b foram rearranjados com as do grupo a, de forma com que fossem obtidos produtos apenas com sistemas removíveis. Os casos em que não se obteve sucesso nesta tarefa, foram descartados. Para as soluções consideradas mais fecundas, foram feitos *sketches* (4-24) como forma de explorar e debater as ideias utilizadas.

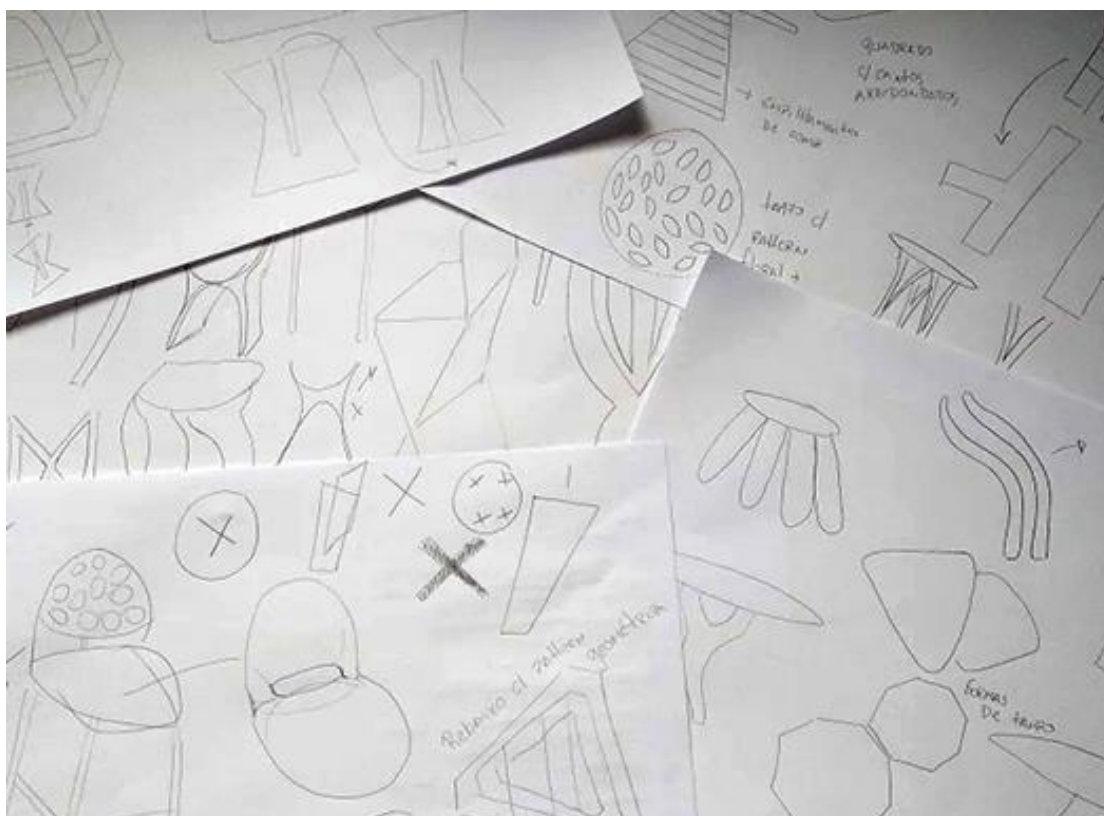


Figura 4-24: Sketches para a geração de alternativas do produto.
Fonte: do autor.

Os desenhos feitos à mão foram então sendo transferidos gradualmente ao computador, o que permitia uma visualização espacial em três dimensões e, dessa maneira, ajudava na compreensão das soluções (figura 4-25).

componente de união não pode ser extraído do produto na desmontagem (e.g. insertos); junções permanentes não possibilitam a separação das partes para desmontagem (e.g. pregos) (LEPRE, 2008).

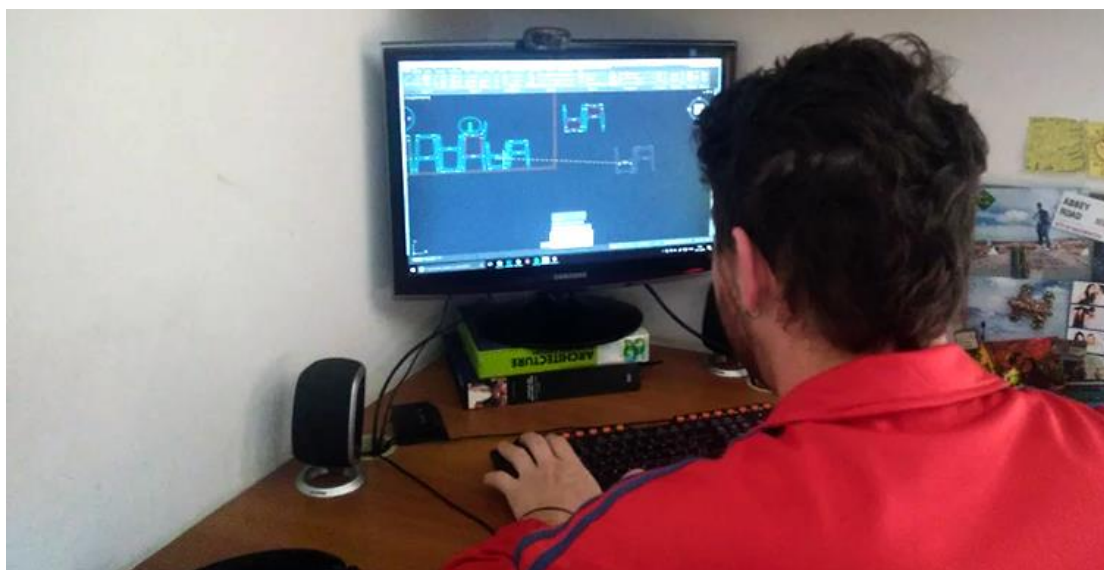


Figura 4-25: Transferência dos *sketches* para o computador.
Fonte: do autor.

O encontro do segundo e terceiro dias foi todo em frente ao computador. Os desenhos 3D preliminares foram ajustados em suas propriedades, em um processo culminou com a definição da melhor solução para o *briefing* proposto, cuja escolha foi baseada na experiência dos *makers* em identificar o modelo com menor complexidade de montagem.

O desenvolvimento colaborativo desta ideia resultou em um produto que é composto de ao menos duas alternativas de configuração, permitindo que, com a troca de algumas peças, ora seja mesa lateral, ora seja banqueta com encosto. Com o ajuste de medidas simples, este móvel pode variar em sua largura e altura, se adequando às necessidades espaciais da residência de seus consumidores. Toda sua estrutura é fixada com o uso dos encaixes “macho-fêmea” e de cavilhas de madeira, sem a necessidade de parafusos, à priori. A escolha por um revestimento melanímico, no entanto, demanda o uso de cola de contato. Para simular sua ambientação, foi desenvolvido um *rendering* - imagem que mostra mais detalhadamente os atributos compositivos estéticos do produto em questão (figura 4-26).



Figura 4-26: Rendering da solução desenvolvida.
Fonte: do autor.

Na sequência era necessário refinar as medidas do artefato, remodelando todas as peças em um desenho técnico 2D através de software CAD, conforme indicado pelos *makers*. Foi neste momento também que foram incluídas as informações oriundas dos requisitos do projeto (figura 4-27): o QR Code informacional; a frase obrigatória para produtos licenciados pela CERN OHL; a marca do pinhão, que reforça a questão da produção local; o código das peças (posicionado nas extremidades de cada uma delas), que as identifica no estoque. Todas essas informações serão incluídas através do processo de gravação à laser.



Figura 4-27: Simulação das informações gravadas no produto.
Fonte: do autor.

Como forma de verificar a solução criada com maior nitidez e, assim, auxiliar na validação estrutural e estética da composição, foi proposto o processo de materialização em escala do projeto via impressão 3D. Os procedimentos adotados estão detalhados na próxima seção.

Depois de estabelecidos todos os parâmetros do produto e suas particularidades no desenho técnico, era preciso ainda organizar o pacote de documentos que seriam disponibilizados de forma *open-source*, seguindo as regras da CERN OHL. São eles: o projeto em 2D, o memorial descritivo, o processo de trabalho (plano de corte com instruções), os arquivos de licenciamento (a licença, o guia da licença, o contato do licenciante que deseja receber documentações modificadas, o contato no qual se pode receber mais informações sobre o produto, o arquivo que documenta todas as modificações realizadas no produto até o momento presente).

4.4.3.2 Fabricação de modelo em escala

Para a fabricação de um modelo em escala, foi seguida a sugestão dos *Makers A e B* para a utilização da impressão 3D. Para tanto, foi

necessário fazer uma série de procedimentos que se anteciparam à materialização do objeto.

Em primeiro lugar ocorreu o processo remodelagem 3D. Utilizando-se o arquivo do projeto em 2D, que está preparado para a fabricação final, foi possível dar volume às peças e “montá-las” digitalmente, simulando com maior definição o resultado do processo de composição do artefato (figura 4-28). Este desenho, então, gerou um arquivo STL, que pôde ser lido pelo *software* que faz a comunicação com a impressora 3D. É neste momento que foi definida a escala dos produtos e a disposição deles na mesa de impressão. Além disso, é calculada e gerada uma estrutura de suporte que irá escorar o material depositado onde há buracos, saliências ou lacunas no modelo.



Figura 4-28: Modelos 3D da solução proposta.
Fonte: do autor.

Na sequência, utilizando outro *software*, o desenho tridimensional pôde ser “fatiado” em camadas, as quais guiam o processo de deposição de material no sistema de impressão 3D. Este mesmo *software* também controla as variáveis de configuração da fabricação, como a altura das camadas, aceleração e velocidade do movimento dos eixos, a direção dos motores e a temperatura de operação. Este projeto foi então levado de volta ao primeiro *software*, que faz a comunicação com a impressora. Antes de dar início ao

processo de impressão, foi utilizado um sistema de diagnóstico e simulação virtual da produção, o qual auxilia a visualização de todo o processo de constituição do objeto. Depois desta verificação, a produção foi inicializada (figura 4-29).



Figura 4-29: Acompanhamento do processo de impressão 3D no laboratório do *Maker B*.
Fonte: do autor.

O modelo da impressora utilizada é a RepRap Graber i3⁴², montada pelo próprio *Maker B*. Foram impressas as variações do produto proposto com o material ABS na cor vermelha. Para alguns modelos, as suas peças foram impressas separadamente, porém de maneira que fosse possível montá-las, assim como no produto final (figura 4-30).

⁴² Disponível em: http://reprap.org/wiki/Graber_i3/.



Figura 4-30.: Miniatura das peças do alto banco com encosto.
Fonte: do autor.

Estes modelos permitiram uma compreensão aprimorada das soluções, que se demonstraram satisfatórias para o projeto. Para além dessa validação, as miniaturas serão utilizadas no âmbito da próxima seção, onde será simulado o Sistema mais uma vez, porém com nível de fidelidade aumentado.

4.4.3.3 Simulação do Sistema com média fidelidade

Entende-se que, antes de implementar o Sistema na sua forma mais próxima de uma situação real, como forma de antever possíveis problemas na condução da jornada dos consumidores, deve-se realizar outra simulação, porém com um nível de fidelidade aumentado. Em comparação com a simulação do Ciclo 2, desta vez os modelos impressos em 3D serão utilizados para permitir que os consumidores entendam melhor a estrutura do produto e, através dele, a concepção do Sistema. Acompanhando-os, foi utilizada uma foto do ambiente dos consumidores com escala compatível com a do modelo, que possibilitou que os atores imaginassem com mais facilidade o posicionamento dos móveis em seus cômodos de destino (figura 4-31). Essa dinâmica também contribuiu para um dos objetivos da pesquisa,

que constatou que do uso da impressão 3D no como ferramenta para co-design com o consumidor de baixa renda é positiva e passível de replicação em outros projetos.



Figura 4-31.: Modelo impresso em 3D e imagem do local de destino do móvel.
Fonte: do autor.

Nessa atividade as mesmas ferramentas das simulações dos ciclos anteriores foram utilizadas: *RITE* (MEDLOCK et al., 2002) e *Think Aloud* (TASSI, 2016). Os cenários de uso também foram os mesmos. No entanto, houve alguns ajustes no *script* de ações em comparação com a simulação anterior, reordenando os cartões de forma com que não se repetissem exatamente da mesma maneira, viabilizando a captação de novos dados. Como resultado, foram causadas algumas mudanças na estrutura do Sistema, as quais podem ser observadas na tabela abaixo.

Tabela 4-13: Resultados da simulação de média fidelidade.

Ator-chave	Requisito
Consumidora A	Incluir um material informacional que indique explicitamente as questões ambientais benéficas do Sistema. “Não entendo porque essa banqueta é mais sustentável que a outra (de outro fornecedor)”.
Consumidora A	Fornecer material informacional também na versão impressa. A existência de informações apenas no plano digital se mostrou insuficiente para a Consumidora A. “Só acessaria o QR Code para me informar mais sobre o produto se tivesse algum tipo de problema”.
Consumidora A	Demonstrar a distância em metros do <i>hub</i> de fabricação à casa do consumidor lado a lado com o tempo de entrega na ocasião da finalização do pedido na plataforma. Isso deverá reforçar como a questão local causa impacto direto no <i>lead time</i> . “Comprando pelo site parece que sempre vai demorar para entregar. Não dá pra entender que é feito (o produto) aqui perto”.
Consumidora B	Criar rotina de atendimento que permita identificar potenciais problemas dos consumidores e sugerir adaptações disponíveis para o produto no âmbito da plataforma e do <i>hub</i> de fabricação. “Não sei como uma banqueta tem a ver com uma mesa. Não sei como posso mudar (as funcionalidades de um produto)”.
Consumidora B	Investigar como poderiam ser dadas as garantias de qualidade do produto e os possíveis atores responsáveis por este processo. “Se eu não gostar ou tiver algum defeito no produto, pra quem eu reclamo”?

Fonte: do autor.

O quadro 4-7 demonstra resumidamente as ações desempenhadas, os objetivos atingidos e os impactos e relações estabelecidos entre os atores durante esta fase.

Ações desempenhadas	1) Geração de alternativas para produto compatível com o Sistema; 2) Impressão 3D de modelo em escala; 3) Simulação do Sistema com média fidelidade.
Objetivos atingidos	1) Foi desenvolvida uma nova solução de mobiliário doméstico compatível com o Sistema; 2) Um modelo escala pôde ser confeccionado; 3) Os atores-chave contribuíram para o aperfeiçoamento do Sistema.
Impactos e relações entre os atores	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação foram afetados com as decisões tomadas.

Quadro 4-7: Resumo das ações do Ciclo 3.

Fonte: do autor.

4.4.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 3

4.4.4.1 Avaliação do produto pelos atores-chave

Nesta etapa foram agendadas reuniões com as *Consumidoras A e B*, os *Makers A e B* e os *Fabricantes A e B* para que fosse feita uma avaliação semântica do projeto de produto, cada qual analisando-o de acordo com sua função no Sistema proposto. Para tanto foi criada uma espécie de *Painel Semântico* (BAXTER, 1998) que ilustra diferentes soluções de móveis para baixa renda disponíveis no mercado, cujas tipologias e funções são idênticas ao do produto concebido (uma coletânea de mesas laterais e outra de bancos altos com encosto).

Essas imagens foram recortadas de catálogos de lojas populares, de revistas, anúncios e também retiradas da internet. Entre estas opções foi incluído o produto desenvolvido na presente pesquisa, porém sem identificá-lo em meio aos demais. Foi pedido, então, para cada um dos atores-chave, que ordenassem as fotos dos produtos usando uma escala de valor simplista: “do melhor para o pior” (figura 4-32).



Figura 4-32.: Consumidora A organizando as imagens do painel semântico.
Fonte: do autor.

Na sequência o pesquisador indagou os interlocutores sobre os motivos da composição final como uma estratégia para identificação do

universo simbólico que o novo produto representa para cada um dos atores-chave. Os resultados deste procedimento são descritos na sequência.

A *Consumidora A*, a primeira entrevistada, recebeu as figuras com mesas laterais, que era o tipo de móvel que alegou necessitar no momento. Logo de pronto, por ter se lembrado que indicou a preferência por um tampo hexagonal, já identificou o produto desenvolvido na pesquisa. Na ordenação, deixou essa alternativa em primeiro. Isso demonstrou que, dentre as opções fornecidas, essa era a que ela mais estimava. Intui-se que esta ação está justamente ligada a um sentimento de pertencimento, de que a solução foi desenvolvida especificamente para ela.

Na sequência foi perguntado se, esteticamente, essa era a opção que mais lhe agradava. Obteve-se um sinal afirmativo como resposta. Quando o pesquisador lhe indicou que o projeto foi concebido com os trinta centímetros de largura que a mesma havia definido, entendeu-se que a possibilidade de customização era por ela bem vista.

Para a *Consumidora B* foi apresentada a coletânea de bancos altos com encosto. Esta interlocutora ordenou as imagens de maneira bastante rápida, aparentando não haver dúvidas sobre a maneira que deveria realizar a atividade. O produto desenvolvido ficou em terceiro lugar. Ficou claro neste caso que a consumidora deu preferência aos móveis de estrutura metálica, procurando alternativas que lhe garantissem maior resistência ao uso. Quando perguntado do porquê do posicionamento do produto desenvolvido entre as opções metálicas, respondeu: “apesar de não ser de ferro, achei esse bonito”. Pode-se dizer também que a interlocutora foi de encontro a um dos requisitos por ela definidos: “gostei mesmo por causa do colorido”. Além disso, a consumidora disse que essa solução poderia facilmente estar entre as que possuem maior valor de mercado, pois tem “um jeito de produto caro”.

Após essa atividade, o produto concebido foi apresentado de maneira completa às duas consumidoras, apontando suas características principais. O fato do móvel ser flexível quanto a sua utilização, através da troca de suas peças, causou ótima impressão entre as interlocutoras. Ambas não haviam

percebido os encaixes aparentes que o produto possui, porém disseram que, pelo menos na análise de suas fotos, não era algo que lhes incomodava. Pode-se dizer que a solução apresentada atendeu aos seus requisitos.

No caso dos *Makers A e B*, estes já sabiam quais eram as soluções desenvolvidas para a pesquisa, pois participaram de sua concepção. Nos dois casos, as figuras foram ordenadas e a preferência foi pelos novos móveis. Disseram que nesta opção havia mais criatividade e um rompimento com o que consideram “mais do mesmo”. Ambos foram categóricos em dizer que essa solução era a única que poderia ser ofertada pelo Sistema desenvolvido “por se enquadrar em todas suas especificações”.

O maior benefício apontado pelos *makers* na ocasião do consumo de um produto como o que foi desenvolvido está relacionado na possibilidade do *looping* de feedback de seus usuários através da plataforma, que pode ser capaz de ajustá-lo com maior velocidade e baixo custo (ou sem custo adicional). Segundo o *Maker B*, se as soluções ofertadas pelo Sistema garantirem um retorno financeiro justo aos seus criadores por unidade fabricada, ele acredita que a plataforma poderá agregar novos usuários em pouco tempo. Este conceito foi considerado para o Sistema em desenvolvimento.

Para os *Fabricantes A e B*, o ritual de avaliação seguiu o mesmo processo. Assim como no caso dos *makers*, estes atores logo de início já haviam identificado quais foram as soluções desenvolvidas na pesquisa. Isso se deve, segundo o *Fabricante A*, à estética do produto, que revela “que foi cortado por uma CNC”. Para a ordenação das figuras, os dois atores colocaram o novo mobiliário no topo de suas preferências.

Os dois interlocutores foram capazes de reconhecer a resistência do produto ao perceberem que duas chapas de quinze milímetros foram unidas para a estrutura dos pés, tanto na mesa, quanto no banco. O *Fabricante B*, que também é fornecedor de compensados multilaminados, exaltou a opção por um material que é “cem por cento reflorestado e sustentável”. Entende-se

que essa informação só era bastante visível para o interlocutor por causa do ramo em que ele atuava no mercado.

O maior benefício percebido pelo *Fabricante A* quando do consumo deste móvel está na possibilidade de “montagem rápida e fácil”. Sobre a estratégia de alteração de funções através da troca de peças, os dois atores-chave foram um pouco céticos a respeito, já que o desgaste provocado pelo uso prolongado poderia impedir o encaixe perfeito de peças novas. Se este serviço fosse executado por um profissional, esta abordagem teria mais chances de ser viabilizada, segundo o *Fabricante A*.

Na sequência foi pedido para que os fabricantes digitais estimassem o valor unitário de produção deste produto nas suas duas configurações apresentadas. Para tanto, pediu-se para que considerassem as lógicas do Sistema proposto, onde há uma integração de atores, que interagem em rede. Neste sentido, foi esclarecido que neste caso poderia haver a redução de custos indiretos, como no caso do *marketing*, da contabilidade e da compra de matéria-prima. Mesmo com o pesquisador fazendo inferências, ajudando os atores a pensar numa exposição de valores bem discriminados, houve relutância em elaborar e fornecer esta informação detalhada. Com alguma persistência, ambos os fornecedores deram valores aproximados, com pouco critério em sua elaboração: para o *Fabricante A*, a mesa custaria R\$75 e a banquetta R\$120; para o *Fabricante B*, o preço de custo da mesa ficaria R\$150 e da banquetta R\$250. Estes valores se aproximam, porém, no geral são pouco compatíveis para o público-alvo na época da presente pesquisa, sendo ofertados no mercado outros produtos semelhantes com custos entre R\$40 e R\$100.

É possível dizer que a avaliação do produto desenvolvido foi satisfatória com todos os atores-chave. Não houveram pedidos de alteração de nenhuma de suas propriedades e sua produção foi considerada viável.

4.4.4.2 Avaliação do Sistema pelos consumidores

A avaliação a qual essa seção se refere se deriva da simulação do Sistema com média fidelidade, que foi descrita na seção 4.4.3.3. Foi possível perceber, através desta dinâmica, que as *Consumidoras A e B* estão mais confiantes em relação aos seus papéis no Sistema, compreendendo melhor como as dinâmicas dos serviços funcionam. Nesse sentido, entende-se que o aumento da fidelidade da simulação está diretamente relacionado a este fato, permitindo que as contribuições no âmbito do Ciclo 3 fossem mais aprofundadas que as anteriores.

Entre elas, destaca-se a sugestão de criar uma rotina de atendimento que permita identificar potenciais problemas dos consumidores (locais ou comunitários) e sugerir adaptações disponíveis para o produto no âmbito da plataforma *online* e do *hub* de fabricação. No caso da plataforma, um sistema visual poderia ser empregado de maneira semelhante ao que é feito no site *Shoes of Prey*⁴³, que é uma *startup* que oferta calçados femininos customizados em massa. Ali são oferecidas opções de configuração com base em recomendações de outros usuários, da frequência de compra de determinado conjunto e de indicações do próprio sistema. No caso do Sistema da presente pesquisa, poderia ser adicionada ainda uma variável relacionada à localização, que mapeia necessidades comuns em regiões e territórios. Já no caso do *hub* de fabricação, a suposta proximidade dos funcionários da empresa à realidade e o contexto onde estão inseridos já permitiria a identificação facilitada dos anseios da população de baixa renda, cabendo aos mesmos direcionar sua força criativa na proposição de soluções que culminem com a satisfação dos consumidores.

Outra das contribuições feitas pelas *Consumidoras A e B* se refere à determinação de como poderiam ser dadas as garantias de qualidade dos produtos do Sistema e quais são os possíveis atores responsáveis por este processo. Para isto, será necessária uma investigação direcionada, que será apresentada na fase de coleta de dados do Ciclo 4.

⁴³ Disponível em: <https://www.shoesofprey.com/>.

4.4.4.3 Avaliação do Sistema pelos *makers* e fabricantes digitais

Ambos os *Makers A e B* se sentiram satisfeitos com a maneira com que o Sistema está composto, mesmo depois das alterações provocadas pela última dinâmica com as consumidoras. A única questão existente foi levantada pelo *Maker B*. Ele propõe que sejam utilizadas as mesmas dinâmicas de retribuição financeira pelo seu trabalho que são empregadas em outras plataformas colaborativas. Estes modelos normalmente estão baseados no retorno de uma porcentagem do valor do produto criado a cada compra realizada.

Os *Fabricantes A e B*, por sua vez, fizeram considerações sobre um mesmo ponto: a existência de um *showroom* nos *hubs* de fabricação, apontada como uma das soluções para a interação física com os artefatos, que foi requisito percebido para as consumidoras durante o Ciclo 1. Intui-se que esta problemática surge para os fabricantes digitais somente neste momento porque houve uma menor densidade de questões que deveriam considerar sobre o Sistema no âmbito do Ciclo 3 (em comparação com o Ciclo 1). Os dois interlocutores disseram que a presença de *showrooms* poderia descaracterizar seus modelos de negócio, além de representar a alocação de novos espaços (nem sempre abundantes, como no caso do *Fabricante A*) e de um custo extra de instalação e manutenção, o que impactaria diretamente no valor final de seus serviços. Para essa barreira para a implementação real do Sistema, no entanto, já foi considerada anteriormente a possibilidade de inclusão de novos *players* que poderiam exibir modelos em escala, produtos finalizados, sistemas de encaixe e catálogos para sanar as necessidades dos consumidores de visualização do produto. Nesse sentido, a modificação resultante para o Sistema neste momento é de ofertar a opção para os fabricantes digitais disporem ou não de uma infraestrutura de *showroom*, dependendo da frequência da presença dos novos atores que poderão contribuir com essa funcionalidade no âmbito de determinada região.

Entende-se que a avaliação realizada com os atores-chave da Pesquisa-Ação no Ciclo 3 demanda as seguintes coletas de dados:

- Investigar como poderia ser dado o gerenciamento da qualidade dos produtos do Sistema e quais os possíveis atores responsáveis por este processo.
- Investigar mecanismos específicos que possibilitem benefícios econômicos e o engajamento de criativos locais em específico.

Para o pesquisador, neste ponto da pesquisa foi necessário que as próximas ações estivessem relacionadas a uma implementação piloto do Sistema. Nesse sentido, conforme já estabelecido anteriormente, os atores-chave foram informados das modificações estabelecidas em todo o Ciclo 3 e questionados sobre o encaminhamento da pesquisa nessa direção. Todos concordaram com a decisão.

4.4.4.4 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 3

Um resumo das atividades do Ciclo 3 pode ser visto na tabela 4-14.

Tabela 4-14: Resumo das atividades do Ciclo 3.

Ferramentas utilizadas no Ciclo 3	<i>a) Entrevista semiestruturada; d) Brainwriting 635 (BAXTER, 1998); b) Workshop; e) Painei Semântico (BAXTER, 1998); f) RITE (MEDLOCK et al., 2002); g) Think Aloud (TASSI, 2016).</i>
Ações desempenhadas	1) Geração de alternativas para produto compatível com o Sistema; 2) Impressão 3D de modelo em escala; 3) Simulação do Sistema com média fidelidade.
Resultados das ações	1) Foi desenvolvida uma nova solução de mobiliário doméstico compatível com o Sistema; 2) Um modelo escala pôde ser confeccionado; 3) Os atores-chave contribuíram para o aperfeiçoamento do Sistema.
Análises do pesquisador	Através das análises, o pesquisador pôde: 1) Propor um briefing para o projeto de uma família de produtos; 2) Determinar como seriam aplicados os procedimentos para uso de licença <i>open-source</i> .
Feedback dos atores-chave	Os atores-chave forneceram várias novas sugestões e impressões sobre o projeto de produto e também sobre o conceito do Sistema.
Recomendações para o próximo ciclo	Implementação piloto do Sistema e sua avaliação para a sustentabilidade. Deverão ser investigados: 1) Por quem e como são dadas as garantias aos produtos; 2) Mecanismos para a participação de criativos locais.

Fonte: do autor.

4.5 CICLO 4 – IMPLEMENTAÇÃO PILOTO DO SISTEMA

O principal objetivo do Ciclo 4 é a implementação piloto do Sistema desenvolvido. Isto se dará através de uma simulação de alta fidelidade dos cenários que as *Consumidoras A e B* entendem ser mais convenientes para sua satisfação. Além disso, será realizada uma avaliação dos conceitos do Sistema para a sustentabilidade. Tais ações são fruto da interação com os interlocutores no Ciclo 3.

As ferramentas utilizadas no Ciclo 4 são: a) Questionário; b) Think Aloud (TASSI, 2016); c) Entrevista aberta; d) Sustainable Design-Orienting toolkit (SDO) (VEZZOLI, 2010).

4.5.1 Fase I: Coleta de dados do Ciclo 4

4.5.1.1 Gerenciamento da qualidade

Esta seção se propõe a investigar como poderia ser dado o gerenciamento da qualidade dos produtos do Sistema e quais os possíveis atores responsáveis por este processo - o que surge como requisito no âmbito das avaliações do Ciclo 3.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO 9000 (ASSOCIAÇÃO..., 2005), a qualidade é o grau no qual um conjunto de características (propriedades diferenciadoras) inerentes satisfazem requisitos (necessidades ou expectativas que são expressas de forma implícita ou obrigatória). Usmani (2012) completa dizendo que, se o produto encontra ou excede os requisitos dos consumidores, pode-se dizer que este é de alta qualidade; caso contrário, é de baixa qualidade.

É possível lembrar, neste contexto, a ocasião da morte de seis crianças quando manipulavam cômodas produzidas pela IKEA⁴⁴ em 2016,

⁴⁴ Empresa sueca especializada na venda de móveis domésticos de baixo custo. Disponível em: <http://www.ikea.com/>.

gerando o *recall* de 29 milhões de móveis (ZHU, 2016). Este ocorrido é argumento que reforça a pertinência da investigação das questões de qualidade no âmbito do Sistema desenvolvido. De acordo com Usmani (2012), planos de gerenciamento da qualidade em organizações devem considerar duas abordagens distintas, porém dependentes entre si: *Quality Assurance* (Garantia da Qualidade) e *Quality Control* (Controle de Qualidade).

Quality Assurance pode ser definida como um conjunto de atividades que, conduzidas estrategicamente, garantem a qualidade em processos de desenvolvimento de produtos. Nesse sentido, seu objetivo maior é o de prevenir falhas e defeitos no estágio de planejamento, evitando o retrabalho. Em um processo proativo, são enfatizadas a organização, a documentação e a definição de diretrizes necessárias para determinado projeto (USMANI, 2012).

Quality Control, por sua vez, está relacionada com as atividades operacionais e técnicas usadas para preencher os requisitos de qualidade de um produto. Seu objetivo é de ter certeza que os produtos estão livres de defeitos e aceitáveis de acordo com os requisitos de qualidade, corrigindo-os quando necessário e validando-os. Os processos de *Quality Control* recebem *inputs* do processo de *Quality Assurance*, dando *feedbacks* que permitem a validação dos processos operacionais (USMANI, 2012).

Dessa forma, no âmbito do Sistema desenvolvido, a plataforma mediadora deverá responder ambos pelo controle e garantia da qualidade dos produtos e serviços ofertados, principalmente através do emprego de auditorias de qualidade, da análise contínua de processos e do gerenciamento de ferramentas. Vale destacar a questão ética envolvida quando da oferta de produtos *open-source* quando estes não vêm atrelados a efetivos ensaios de durabilidade, adequação ergonômica e análise de riscos, por exemplo. Nesse sentido, tais atividades podem ser desenvolvidas através de organizações acreditadas de certificação, inspeção e calibração, que se baseiam em normas e regulamentos técnicos nacionais e internacionais. Como exemplo, é possível citar o SENAI, o Serviço Nacional de

Aprendizagem Industrial, que possui o Instituto do Móvel e da Madeira na cidade de Arapongas, capacitado em certificação de móveis no estado do Paraná.

No entanto, no que se refere à defeitos ou vícios nos produtos ou serviços, entende-se que há o compartilhamento de responsabilidades com os demais integrantes do Sistema, de acordo com o Código de Defesa do Consumidor (CDC, 1990):

Art. 12. O fabricante, o produtor, o construtor, nacional ou estrangeiro, e o importador respondem, independentemente da existência de culpa, pela reparação dos danos causados aos consumidores por defeitos decorrentes de projeto, fabricação, construção, montagem, fórmulas, manipulação, apresentação ou acondicionamento de seus produtos, bem como por informações insuficientes ou inadequadas sobre sua utilização e riscos.

Considera-se, neste contexto, o direito das organizações que efetivarem a reposição ou pagamento, do regresso da cobrança aos demais responsáveis segundo suas participações na causa dos eventos que geraram danos. É possível ressaltar, no entanto, a ausência de legislações específicas para Sistemas Produto+Serviço, que devem ser desenvolvidas com o fim de proteção a todos os atores envolvidos.

4.5.1.2 Engajamento de criativos locais

A utilização de plataformas de colaboração, já exploradas no capítulo de fundamentação teórica, tal como o site Instructables, é uma maneira de realizar o engajamento de criativos de todo o mundo em torno de problemas individuais ou específicos de uma comunidade. Apesar disso, entende-se que estas iniciativas não devem se restringir apenas ao plano digital; de alguma forma, o “criativo local” tem que ter a possibilidade de realizar encontros físicos.

Nesse sentido, intui-se que alguns mecanismos específicos podem provocar o engajamento de criativos localmente, tal como a realização de eventos, feiras ou exposições. Nesses espaços, o encontro físico de pessoas é uma oportunidade para fazê-las realizar que existem objetivos comuns que

podem ser solucionados coletivamente. Essa estratégia é observada, por exemplo, nos esforços da Maker Media. Sua principal iniciativa, depois da revista Make, é a organização da Maker Faire, criada para “celebrar as artes, o trabalho manual, a engenharia, projetos de ciência e a mentalidade Do-It-Yourself” (MAKER FAIRE, 2016).

Os processos ali desempenhados, por sua vez, poderiam ser viabilizados por programas de responsabilidade social de corporações, incluir sorteios, competições e qualquer outra atividade que possa atrair novos participantes, com foco na resolução de problemas da comunidade. A empatia, neste caso, é mandatória. A abordagem de gamification é um exemplo que, de acordo com Vianna et al. (2013), utiliza “mecanismos de jogos em contextos diversos, com o objetivo de incrementar a participação e gerar engajamento e comprometimento por parte de potenciais usuários”. Neste cenário, considera-se estrategicamente a concessão de prêmios, produtos e outras formas de bônus para indivíduos, quando sua colaboração na criação de soluções aclamadas pelo público que reconhecidamente causem impactos positivos em sua comunidade.

4.5.1.3 Dados para a aquisição do produto

Esta etapa da coleta de dados está orientada para o levantamento de características mais específicas que as *Consumidoras A e B* gostariam de ver materializadas nos móveis residenciais que necessitam. Essa dinâmica aconteceu especificamente durante a simulação de alta fidelidade, no âmbito do Ciclo 4, em formato de questionário (Apêndice J).

As soluções desenvolvidas na presente pesquisa, além de permitirem a transição entre duas modalidades de produto (mesa lateral e banco com encosto), possuem, neste momento de desenvolvimento do Sistema, as seguintes alternativas de customização:

- Mesa lateral (opção da *Consumidora A*): altura, largura e raio do tampo da mesa; acabamento superficial dos pés (verniz translúcido

ou opaco, colorido ou incolor); revestimento melanímico do tampo (cinco cores, disponíveis no Fabricante A).

- Banco com encosto (opção da *Consumidora B*): altura (total e do chão ao assento) e largura; acabamento superficial dos pés (verniz translúcido ou opaco, colorido ou incolor); revestimento melanímico do encosto e do assento (doze cores, disponíveis no Fabricante B).

As opções realizadas para as interlocutoras podem ser vistas na tabela abaixo. Todas as medidas gerais já haviam sido pré-definidas no momento da consulta - ambas as *Consumidoras A e B* se anteciparam nesta tarefa, sabendo previamente a data em que ela ocorreria. Para os acabamentos, foram utilizados catálogos dos fabricantes dos insumos com os quais os *Fabricantes A e B* trabalham, orientando as escolhas.

Tabela 4-15: Opções de customização selecionadas pelas consumidoras.

	Medidas gerais	Acabamento superficial dos pés	Cor do revestimento melanímico
Mesa lateral (Consumidora A)	45cm X 40cm (altura e largura); 40cm (raio do tampo da mesa)	Verniz translúcido incolor	Verde-claro
Banco com encosto (Consumidora B)	100cm X 43cm (altura e largura); 65cm (altura do chão ao assento)	Verniz translúcido incolor	Azul

Fonte: do autor.

As medidas gerais foram utilizadas para ajustar os desenhos dos produtos no *software* CAD, deixando-os como as consumidoras requisitaram. Na sequência, este arquivo e as demais informações de customização serão repassados aos fabricantes digitais, que retornarão um orçamento e conduzirão um teste de intercambialidade de peças. Na próxima seção será descrito como foram arranjadas estas atividades.

4.5.1.4 Arranjo da produção e entrega

Através de comunicação via email, os *Fabricantes A e B* foram acionados para avaliar os projetos digitais dos produtos customizados. Em menos de uma hora, foram repassados os orçamentos para a produção, considerando os tempos de usinagem, os materiais e a mão de obra empregados. Foi estipulado que a confecção dos móveis levaria sete dias para ser completada. A formação de preços neste caso ficou à critério dos fabricantes digitais.

Tabela 4-16: Opções de customização selecionadas pelas consumidoras.

	Tempo de usinagem	Materiais e mão de obra empregados	Valor final
Mesa lateral (Fabricante A)	15 minutos (R\$42)	½ chapa compensado (R\$80); acabamentos (R\$15)	R\$137
Banco alto (Fabricante B)	25 minutos (R\$65)	½ chapa compensado (R\$80); acabamentos (R\$35)	R\$180

Fonte: do autor.

Os tempos de usinagem são determinados pelos próprios fabricantes, que podem optar por trabalhar com uma velocidade próxima à máxima recomendada ou diminuí-la como estratégia de conservação para seus equipamentos. Os valores finais do documento enviado pelos fabricantes digitais se destoam do orçamento informal realizado anteriormente na pesquisa (Fabricante A, mesa lateral, R\$75; Fabricante B, banco alto, R\$250). Entende-se que estas ofertas são pouco competitivas, considerando as características do público-alvo. No entanto, entende-se que, em uma Sistema verdadeiramente cooperado, com determinada densidade de consumidores, estes valores provavelmente seriam reduzidos.

Antes do orçamento ser aprovado, o pesquisador propôs um teste de intercambialidade de peças aos fabricantes digitais, que concordaram prontamente em participar. Nesse teste, cada uma das empresas deveria fazer duas peças pequenas (uma com encaixe “macho”, outra com o “fêmea”) para avaliar se as conexões se dariam mesmo se alternando os

fornecedores. Esta dinâmica revelou que os equipamentos dos interlocutores não estão afinados entre si; ao menos um deles está descalibrado. Os encaixes ou apresentaram certa folga ou ficaram justos demais, demandando trabalho extra para fazer a união (figura 4-33). Uma aferição mostrou o desvio de pouco mais de 1mm de diferença entre as medidas das peças. Este fato corrobora a necessidade de calibragem contínua, o que foi observado durante o Ciclo 2.



Figura 4-33: Incompatibilidade no encaixe de peças de fabricantes distintos.
Fonte: do autor.

Outro fato que foi percebido durante este teste é a diferença da qualidade da matéria-prima utilizada nos dois fabricantes digitais, mesmo alegando que seriam usados as mesmas marcas e especificações de compensados multilaminados. Entende-se que este desvio é inadequado e implica diretamente na estética do produto, conforme pode ser observado na figura 4-34.



Figura 4-34: Diferença estética na matéria-prima utilizada.
Fonte: do autor.

Na próxima fase deste ciclo de ação serão determinados os cenários compatíveis com os consumidores e o *script* para a simulação de alta fidelidade.

4.5.2 Fase II: Análise e planejamento das ações do Ciclo 4

4.5.2.1 Seleção de cenários relevantes

Nesta seção serão selecionados os cenários do Sistema mais convenientes para a *Consumidora A* e para a *Consumidora B*, os quais elas gostariam de se ver inseridas na fase de implementação piloto. Nas simulações anteriores, os cenários que estas interlocutoras desempenharam foram concebidos para as personas (que estão diretamente relacionadas às suas características), sem haver uma avaliação de suas partes sobre o que realmente gostariam nesse sentido.

Para tanto, foi realizada uma reunião com as *Consumidoras A e B*, que fizeram uma análise de todos os serviços do Sistema juntamente do pesquisador, apontando aqueles que serão utilizados na simulação. Entende-se que, por haver tempo limitado para a condução deste trabalho, como

tenciona-se fazer uma simulação de alta fidelidade utilizando variáveis mais próximas do plano da realidade, a simulação se estenderá apenas até a fase de uso do produto.

Para as duas interlocutoras, o resultado foi o mesmo. Ambas consideraram que o que é mais conveniente para a realização da compra é efetuar-la através da plataforma *online*. Intui-se, no entanto, que esta escolha possa ter sido contaminada pela ausência de uma transação financeira real e a certeza de que, não importa qual experiência fosse realizada (física ou *online*), o mesmo produto seria entregue. Dessa forma, ambas escolheram, em certa medida, a praticidade de não ter que sair de suas casas. Além disso, entenderam que o melhor a se fazer com relação a entrega e a montagem é investir um pouco mais de dinheiro e fazer com que o produto chegue em suas casas e sejam configurados por um especialista.

Na próxima seção este cenário será explorado para a definição de um roteiro que oriente as dinâmicas que estão envolvidas.

4.5.2.2 Roteiro para a simulação

O roteiro da simulação foi elaborado pelo pesquisador e contém seis etapas distintas, as quais serão exploradas a seguir:

- ETAPA 1: Pesquisa na plataforma. As consumidoras acessam a plataforma online e exploram os produtos e seus valores. Para isso, o pesquisador utilizará, assim como feito anteriormente, um celular com uma simulação da interface de um *website*.
- ETAPA 2: Pesquisa no mercado. As consumidoras comparam os preços dos produtos da plataforma com os de outras lojas, virtuais ou não. Dois dias serão reservados para este processo, após a Etapa 1.
- ETAPA 3: Processo de compra. As consumidoras entendem que o mais viável é comprar na plataforma, consumando este ato. Neste

momento, será simulado com o auxílio do celular a seleção do produto, o pedido e o aviso com a data de entrega.

- ETAPA 4: Espera para entrega. As consumidoras aguardam sete dias (tempo estimado de produção arranjado com os *Fabricantes A e B*) até o produto ser confeccionado e sua entrega realizada.
- ETAPA 5: Entrega e montagem. O produto é encaminhado às casas das consumidoras e é montado e posicionado de acordo com suas vontades. Os produtos serão encaminhados dentro de embalagens. Serão convidados a participar os montadores dos *Fabricantes A e B*, que se portarão como se estivessem agindo no Sistema já implementado, abrindo a embalagem, montando o produto e posicionando-o no local de destino.
- ETAPA 6: Utilização do produto. Depois de instalado, o produto é utilizado pelas consumidoras e sua família.

Conforme exposto anteriormente, essas seis etapas guiarão a simulação de alta fidelidade, o que deverá ser implementado na Fase III do Ciclo 4. Além disso, entende-se que, além deste lado do consumidor, deverão ser documentados os processos desenvolvidos pelos fabricantes digitais para a fabricação e preparo do produto.

Dessa forma, um resumo das ações do Ciclo 4 foram exibidas no 4-8.

Ações que serão desempenhadas	1) Materialização dos artefatos; 2) Simulação do Sistema com alta fidelidade.
Objetivos	1) A produção dos produtos se concretizará e será documentada; 2) As consumidoras terão a oportunidade de vivenciar uma simulação com alta fidelidade e formarão suas opiniões sobre este processo.
População beneficiada/afetada	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação serão afetados.

Quadro 4-8: Planejamento das ações do Ciclo 4.
Fonte: do autor.

4.5.3 Fase III: Implementação das ações do Ciclo 4

4.5.3.1 Materialização dos artefatos

A fabricação e o preparo dos produtos se iniciou com o envio dos arquivos digitais e dos planos de trabalho aos *Fabricantes A e B*. Após uma avaliação destes atores e o aceite dos orçamentos, que foram descritos na seção 4.5.1.4, a produção foi iniciada.

Neste meio tempo, o *Maker A*, profundamente motivado com a pesquisa, tomou iniciativa e fabricou por conta própria a primeira versão dos artefatos. Utilizou para isso seu equipamento “*hobby*” e materiais que tinha à mão. É possível notar que a cor do revestimento melanímico foi substituída pelo amarelo. Após concluir o serviço, enviou uma imagem do banco com encosto ao pesquisador através de um aplicativo de celular (figura 4-35). Segundo o ator, que irá utilizar os produtos em sua casa, o feito foi realizado porque havia “tempo disponível e muita vontade de ver o resultado final”.



Figura 4-35: Banco alto confeccionado pelo Maker A.
Fonte: do autor.

No que se refere ao processo desenvolvido pelos fabricantes digitais, em ambas as empresas os esquemas utilizados foram os mesmos. Em primeiro lugar, a chapa de compensado foi movida até ao equipamento de corte computadorizado (figura 4-36), sendo fixada com grampos do tipo sargento. Em seguida, o arquivo contendo o G-Code (que dá as instruções para a máquina) foi transferido a um terminal que fica ao lado da mesa de corte. Tudo o que o foi preciso fazer na sequência foi dar o comando para o início da operação e acompanhá-la, certificando-se que tudo ocorria como o previsto.



Figura 4-36: Ao fundo, equipamento do *Fabricante B* utilizado na produção.
Fonte: do autor.

Em um cálculo posterior, foi identificado que 87% da chapa usinada pelo *Fabricante B* foi utilizada. No caso do Fabricante A, o número foi de aproximadamente 85%. O restante seguiu para a caçamba de recicláveis da empresa, pois os retalhos dificilmente poderiam ser aproveitados em outro projeto. Entende-se que estes números estão distantes de um panorama desejável e, como alternativa, a Fabricação Digital poderia combater isto não só prevendo o uso de matéria-prima, bem como o emprego de seu excedente. Retalhos poderiam ser numerados e destinados à usos específicos na própria instalação de acordo com seu tamanho e forma, por exemplo.

As peças foram então separadas e preparadas para o primeiro lixamento (figura 4-37). Foram utilizadas lixas de número 100, 150 e 220, nessa ordem. Ambos os Fabricantes A e B não possuíam equipamento automático para lixar pequenos detalhes, por isso este trabalho foi feito à mão.



Figura 4-37: Elementos construtivos do banco com encosto aguardando lixamento.
Fonte: do autor.

Na sequência ocorreu o processo de colagem dos pés. Cada um deles é formado por peças duplas, coladas uma à outra com cola branca e auxílio de cavilhas, cuja furação já foi realizada na usinagem (figura 4-38). Depois foi a vez dos revestimentos melanímicos, para os quais foi utilizada cola de contato. Após a secagem, as rebarbas foram refiladas com o auxílio de uma tupa de mão. Os elementos que compõem o assento (do banco) e o tampo (da mesa) foram separados para gravação das informações que acompanham os produtos na máquina a laser. Os demais foram encaminhados para o galpão de pintura, onde foi realizado o envernizamento e o lixamento final.



Figura 4-38: Furações, cavilha e martelo de borracha utilizado na montagem.
Fonte: do autor.

Por fim, o último passo foi o de montagem das peças, para o qual foi utilizado um martelo simples de borracha. Com a conclusão do trabalho, no entanto, baseando-se na experiência do *Fabricante A*, julgou-se necessário utilizar parafusos para reforçar certas partes da estrutura, como forma de estender a vida útil do produto. Para a mesa lateral, foi colocado um bem entre as junções dos pés. Para o banco, um foi colocado no mesmo local e outro no encaixe do encosto. Destaca-se que essa medida teve caráter preventivo - os produtos tiveram a estabilidade necessária mesmo sem o emprego dos parafusos.

O resultado final dos processos de fabricação foi considerado satisfatório e pode ser visto nas figuras 4-39 e 4-40.



Figura 4-39: Mesa lateral após finalização.
Fonte: do autor.



Figura 4-40: Banco alto com encosto após finalização.
Fonte: do autor.

Na sequência será descrito o processo de simulação do Sistema com alta fidelidade, que envolveu a entrega, a montagem e o posicionamento destes produtos.

4.5.3.2 Simulação do Sistema com alta fidelidade

Para esta simulação do Sistema, preconiza-se a implementação dos cenários mais relevantes para as consumidoras participantes da Pesquisa-Ação, para os quais foi realizado um roteiro que guiará os processos desempenhados (descrito na seção 4.5.2.2). Durante a condução da atividade será utilizada a ferramenta *Think Aloud* (TASSI, 2016). Entende-se que o aumento da fidelidade (em relação às simulações anteriores) está relacionado com a utilização da mão-de-obra dos fabricantes digitais e seus montadores, além da entrega de um artefato em escala real e útil.

Sendo assim, a primeira tarefa considerada foi a implementação da Etapa 1, que envolve a pesquisa de preços e produtos na plataforma. As *Consumidoras A e B* foram convidadas a simular a utilização de seus aparelhos celulares com este objetivo (em voz alta, expondo verbalmente suas ações), concluindo o trabalho rapidamente e sem problemas (figura 4-41). Na sequência, o pesquisador se retirou de cena por dois dias, espaço de tempo em que as consumidoras foram orientadas a realizar uma pesquisa em lojas físicas ou *online* por móveis semelhantes e seus preços (bancos altos com encosto e mesas laterais) – o que caracteriza a Etapa 2 do roteiro de ações. Ambas declararam ter feito estas atividades através do celular, visitando pelo menos três lojas *online*.



Figura 4-41: Simulação de pesquisa de preços e produtos no celular.
Fonte: do autor.

Na sequência, em uma nova data (dois dias depois da Etapa 1), o pesquisador retornou às residências das *Consumidoras A e B* para realizar a Etapa 3: o processo de compra dos produtos na plataforma. Com o auxílio do celular novamente, as interlocutoras atuaram os passos de compra e responderam um questionário sobre os dados para customização de seus produtos, conforme relatado na seção 4.5.1.3. Com isso, o pesquisador simulou o envio de uma mensagem para o celular das consumidoras com os dados do local de fabricação e a data de entrega, que ficou marcada para um sábado, quando poderiam receber a encomenda (sete dias corridos após o pedido, que também foi o tempo de produção estimado dos *Fabricantes A e B*). Neste intervalo ocorreu a Etapa 4, em que as *Consumidoras A e B* aguardaram a produção de seus móveis. Isto é forma simular o *timing* de entrega, assim como em uma situação real.

A Etapa 5, que envolve a entrega dos produtos, foi realizada pela manhã do dia combinado para ambas as interlocutoras. Os artefatos foram enviados semi-montados (três partes para a mesa, quatro partes para o banco com encosto) e embalados em plástico bolha, dentro de caixas (figura 4-42). Por não conseguir atender ao compromisso, o montador do *Fabricante*

B foi substituído por outro que trabalha para o *Fabricante A*, que cedeu seu tempo para realizar a montagem dos produtos nas duas residências (figura 4-43).



Figura 4-42: Mesa lateral semi montada e embalada para transporte.
Fonte: do autor.



Figura 4-43: Montador apertando o único parafuso da mesa lateral.
Fonte: do autor.

Na sequência foi perguntado para as consumidoras participantes qual o local que gostariam que o produto fosse posicionado. Neste momento, no caso da *Consumidora A*, seu marido interveio e alegou que o móvel que

adquiriram (mesa lateral) poderia cumprir sua função ao lado do sofá, já que “era muito bonito para ficar escondido no quarto” (figura 4-44). Sua mulher pareceu não ceder à sugestão do parceiro, dizendo que pensariam nisso melhor em outro momento. O montador, no entanto, deixou o móvel posicionado na sala.



Figura 4-44: Consumidora A e o (possível) novo destino de seu móvel.
Fonte: do autor.

O companheiro da *Consumidora B* também exerceu papel de destaque no momento da entrega. Assim que o produto foi montado, se interessou muito pela maneira como ele foi materializado, passando a fazer várias perguntas sobre o tema ao pesquisador (figura 4-45). Estes não haviam interagido anteriormente. Por fim, o produto foi posicionado em frente à bancada e ao lado da parede azul da sala que, segundo a *Consumidora B*, motivou a escolha do revestimento do artefato (figura 4-46).



Figura 4-45: Companheiro da Consumidora B analisando o produto.
Fonte: do autor.

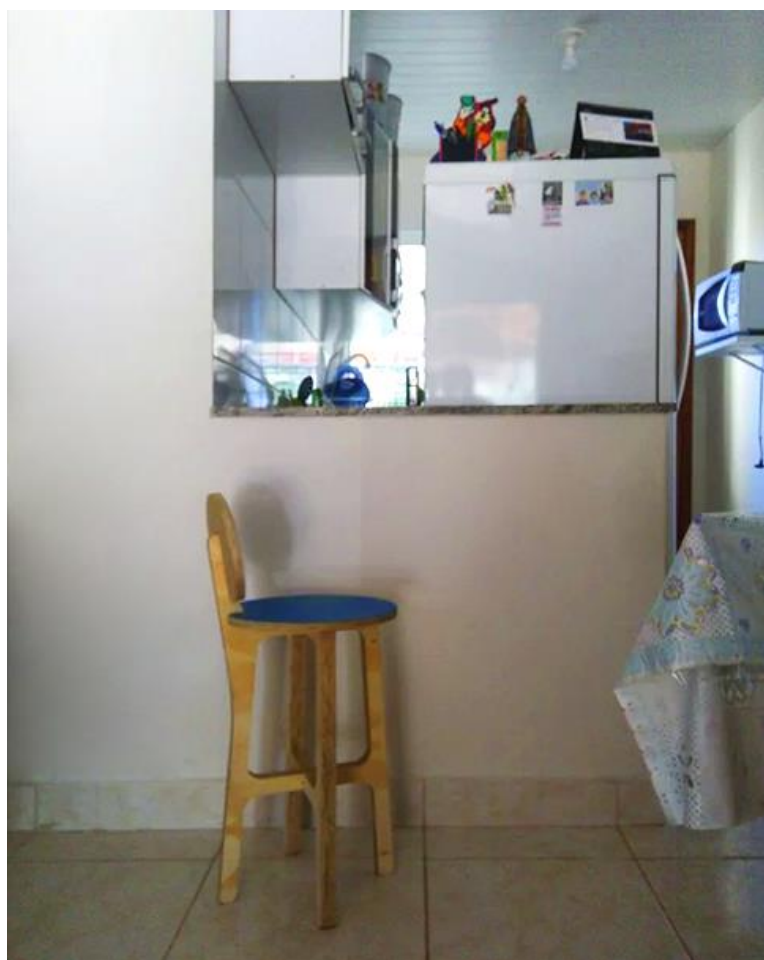


Figura 4-46: Móvel da Consumidora B no local de destino.
Fonte: do autor.

A última etapa do roteiro da simulação (Etapa 6) diz respeito à utilização dos produtos, onde as consumidoras selecionadas e sua família poderão analisar melhor seus atributos práticos, estéticos e simbólicos.

Três dias depois da conclusão das seis etapas, a *Consumidora A* respondeu uma entrevista com caráter avaliativo da simulação com alta fidelidade. Para a *Consumidora B*, isto ocorreu no segundo dia subsequente. Os fabricantes digitais e os *makers* também fizeram suas considerações sobre as etapas simuladas. Estas atividades serão descritas na Fase IV deste ciclo.

O quadro 4-9 demonstra resumidamente as ações desempenhadas, os objetivos atingidos e os impactos e relações estabelecidos entre os atores durante a Fase III do Ciclo 4.

Ações desempenhadas	1) Materialização dos artefatos; 2) Simulação do Sistema com alta fidelidade.
Objetivos atingidos	1) Os produtos desenvolvidos na pesquisa foram fabricados. 2) As consumidoras vivenciaram a simulação de alta fidelidade e contribuíram com suas percepções sobre o processo.
Impactos e relações entre os atores	Todos os três grupos de participantes da Pesquisa-Ação foram afetados com as decisões tomadas.

Quadro 4-9: Resumo das ações do Ciclo 4.
Fonte: do autor.

4.5.4 Fase IV: Avaliação dos resultados do Ciclo 4

4.5.4.1 Avaliação das etapas da simulação de alta fidelidade

Em reuniões posteriores à simulação desenvolvida no Ciclo 4, que envolveram as consumidoras, os *makers* e os fabricantes digitais selecionados para a Pesquisa-Ação, foi proposta a condução de uma entrevista aberta sobre as etapas desempenhadas. Para isso, os dados de campo foram reunidos e repassados aos atores-chave, que puderam oferecer suas visões sobre os resultados obtidos. De maneira geral, pode-se antecipar que todas as etapas da simulação de alta fidelidade foram consideradas plausíveis para os atores-chave.

Para a primeira etapa, sobre a pesquisa de produtos e preços na plataforma online, ambas as *Consumidoras A e B* reforçaram que esta atividade já é algo comum no cotidiano, sem haver qualquer empecilho ou dúvida para sua execução. Já o *Fabricante A* declarou que aposta que a utilização da internet como meio de investigação de alternativas para produtos é restrita à uma parcela pequena da população de baixa renda, que dará preferência à compra em lojas físicas. O *Maker A*, por sua vez, desenvolveu uma linha de raciocínio sobre a possibilidade de oferta de produtos compatíveis com as necessidades do público-alvo através da abordagem do Design Distribuído. No seu entendimento, ainda não há um local (virtual ou físico) à nível nacional (ou regional, local, dentro do Brasil) para contribuir com novas ideias em rede, tal como acontece no site americano Instructables. Ademais, segundo o interlocutor, as iniciativas de abertura do PDP aos consumidores ainda são isoladas, voltadas para as próprias organizações. Nesse sentido, a presença de *makers* ativos no Sistema, organizados em uma comunidade criativa, poderia propiciar a colaboração inclusive entre concorrentes, viabilizando o Design Distribuído os potenciais benefícios dessa abordagem.

No que se refere à Etapa 2, a comparação de produtos e preços do Sistema com outros que são oriundos de empresas distintas, as *Consumidoras A e B* também relataram não encontrar dificuldades para a realização dessa tarefa, já que ela é frequente nas suas atividades diárias. O fator de proximidade destas interlocutoras com os *hubs* de fabricação, na opinião do *Maker A*, pode ser capaz de criar relações de confiabilidade entre os usuários e o Sistema, o que é “oportunidade para a dominação da concorrência externa”, de empresas que estão fora do circuito local. A utilização da Fabricação Digital, segundo os *Fabricantes A e B*, também é fator decisivo para a viabilização deste crescimento. Neste caso, as novas possibilidades de projeto e execução podem ser estendidas em comparação com os processos vigentes. Sendo assim, a melhor estratégia para a viabilização do Sistema, na opinião do *Fabricante B*, é o foco no projeto inteligente, que permita a oferta de produtos de baixa complexidade de montagem e operação, úteis e adequados aos requisitos do usuário.

Essa mesma característica foi levantada pela *Consumidora A*, no âmbito dos questionamentos sobre a Etapa 3, sobre o processo de compra. Segundo ela, a proximidade com os fabricantes, quando somadas às características “divertidas” (relacionadas ao modo de fabricação, montagem e linguagem estética) dos produtos, podem favorecer o crescimento do Sistema. Esta fase da simulação foi realizada pelas *Consumidoras A e B* sem problemas. Já os *makers* contribuíram dizendo que a interface da plataforma online deve ser criativa, com capacidade de conferir possibilidades diferenciadas em relação à customização ofertada por outras empresas. O *Maker A* entende, nesse sentido, que há uma lacuna no desenvolvimento de tecnologias intuitivas e de baixo custo que permitam a criação, a manipulação e visualização ampliada das características de um artefato em ambiente digital. Uma saída para este caso seria o aperfeiçoamento dos sistemas de hologramas e de realidade aumentada. Por fim, ainda sobre a Etapa 3, o *Fabricante A* sugeriu que o gerenciamento da produção pode estar interligado ao sistema da plataforma, dinamizando os processos subsequentes. Já o *Fabricante B* entende que a formação de preços poderia ser unificada, ao menos regionalmente, onde um determinado aglomerado de *hubs* cooperados estão sujeitos às mesmas condições de mercado, de fornecimento de materiais e outros serviços.

Na Etapa 4 as *Consumidoras A e B* aguardaram sete dias para os produtos serem confeccionados, o que é um tempo aceitável de acordo com as próprias interlocutoras. O *Maker B* reforçou que este tempo não reflete as condições reais da produção, principalmente por ela ainda não estar integrada na rotina dos fabricantes digitais. De acordo com o *Fabricante B*, este seria o caso de fazer uma análise aprofundada do *lead time* do Sistema, que deve envolver a transparência e o fluxo aberto de informações entre os *hubs* de fabricação e os demais atores secundários, tais como os fornecedores de matéria-prima. Para viabilizar economicamente a logística do sistema de entrega, assim que há uma certa densidade de consumidores, devem ser empregados sistemas de cálculo inteligente de percurso, tais como a abordagem *milk-run*. Entende-se que, quanto mais próximos estes

atores estiverem entre si, melhores são as chances de haver uma cadeia de abastecimento e uma estrutura produtiva eficiente e veloz.

Na Etapa 5, as *Consumidoras A e B* enfatizaram que o serviço de entrega e montagem foi simulado com maior qualidade que os que são ofertadas por lojas reais em que consomem, relatando sobre a falta de cuidado no transporte e no atendimento ao cliente nestes casos. Ambas compreendem que o Sistema, por envolver empresas locais, pode contribuir para uma melhora neste aspecto. Outra questão é creditada à *Consumidora B*, que, ao observar a montagem do produto, que levou menos de um minuto e que possui encaixes que impossibilitam o erro, disse estar disposta a considerar a abordagem do DIY na sua próxima compra. Isto, segundo os *Fabricantes A e B*, só foi possível mediante a utilização da Fabricação Digital. A *Consumidora B* ainda falou a respeito da possibilidade de haver o serviço de medição e análise das estruturas internas da residência como forma de seleção de alternativas mais ajustadas para casa. Isso se deriva da escolha da altura do seu banco, que, após a instalação, achou que estava um pouco mais baixo do que deveria. *Makers* disseram que, neste sentido, há o desenvolvimento recente de *softwares* que realizam o mapeamento 3D de objetos e ambientes. Os exemplos mais atuais são da Autodesk (123D Catch⁴⁵) e da Microsoft (Mobile Fusion⁴⁶).

Na última das etapas (Etapa 6), que fala sobre a utilização do produto, o pesquisador propôs aos atores-chave uma avaliação dos artefatos. As consumidoras se disseram bastante impressionadas com o resultado. A *Consumidora A*, especificamente, falou que, esteticamente, é exatamente o que procurava para suas necessidades, e que provavelmente não poderia comprar um produto semelhante, já que as alternativas que utilizam a mesma linguagem possuem preços elevados.

Na questão da usabilidade, ambas as consumidoras se sentiram atendidas, excetuando-se o fato de que houve uma reclamação quanto à

⁴⁵ Disponível em: <http://www.123dapp.com/catch/>.

⁴⁶ Disponível em: <https://www.microsoft.com/en-us/research/>.

altura do banco pela *Consumidora B*. Ambas perceberam o potencial de durabilidade e conforto conferidos nos projetos. Após o recebimento do produto elas disseram ter notado as informações gravadas no verso da peça, reconhecendo o pinhão como identificador da procedência regional do artefato adquirido. As *Consumidoras A e B* se sentiram motivadas a realizar uma nova compra na plataforma caso encontrem novamente seus desejos e requisitos atendidos nos produtos ofertados.

Os *makers* e fabricantes digitais, por sua vez, entenderam que o resultado dos produtos foi bastante satisfatório. O *Maker A* inclusive já fazia uso da banqueta que confeccionou por conta própria. Segundo ele, existe apenas uma questão estrutural que deve ser revista no seu encosto, que aparenta ser suscetível à quebra através do uso inadequado. Por estarem inseridos em um contexto de distribuição do *Design*, os *Makers A e B* percebem que os produtos possuem mais chances de serem adaptados e modificados, se adequando aos contextos ao longo da vida do consumidor e, dessa maneira, alimentando o Sistema de novas alternativas. Por fim, o *Fabricante B* pediu autorização para reproduzir a banqueta com encosto para exibi-la na recepção de sua empresa. Entende que é um ótimo exemplo para mostrar as possibilidades do serviço e do material que comercializa.

Na sequência, a próxima seção pretende realizar uma avaliação do Sistema desenvolvido para a sustentabilidade.

4.5.4.2 Avaliação do Sistema para a sustentabilidade

Nesta seção serão descritos os impactos do Sistema proposto para as dimensões ambiental, social e econômica da sustentabilidade. Para isso será utilizado a ferramenta *Sustainable Design-Orienting toolkit* (SDO) (VEZZOLI, 2010), que, entre os seus demais propósitos, oferece uma maneira de analisar as potenciais melhorias, ou quaisquer prejuízos associados às três dimensões da sustentabilidade em relação a um sistema pré-existente. Esta ferramenta qualitativa considera, para cada dimensão, seis requisitos com respectivas diretrizes (VEZZOLI, 2010).

Como primeiro passo para a sua utilização, deve-se identificar as prioridades de projeto baseando-se em um modelo de referência. Este modelo, no caso do presente projeto de pesquisa, é o sistema vigente de oferta de mobiliário para consumidores de baixa renda, que está inserido em um contexto de produção centralizada e seriada, e que ocorre através da utilização de grandes estoques e serviços de logística avançados. Para cada um dos requisitos, deve-se atribuir respostas e comentários, os quais formatam as características inerentes ao modelo utilizado. Os níveis de prioridade podem ser nulos (N), baixos (B), médios (M) e altos (A).

Na sequência o usuário desta ferramenta deve repetir o processo de resposta das diretrizes, porém com as variáveis do novo conceito desenvolvido. Para cada requisito, então, deve-se selecionar quais foram as mudanças em comparação com o modelo de referência. Neste caso, as opções são: melhoria radical (++), melhoria incremental (+), sem mudanças significantes (=) ou depreciação (-).

Ao final destes processos o sistema fornece um gráfico do tipo radar para cada uma das dimensões ambiental, social e econômica, favorecendo uma leitura simplificada dos impactos do novo Sistema para a sustentabilidade. A figura 4-47 demonstra esta representação com os resultados da análise do sistema proposto para a dimensão ambiental.

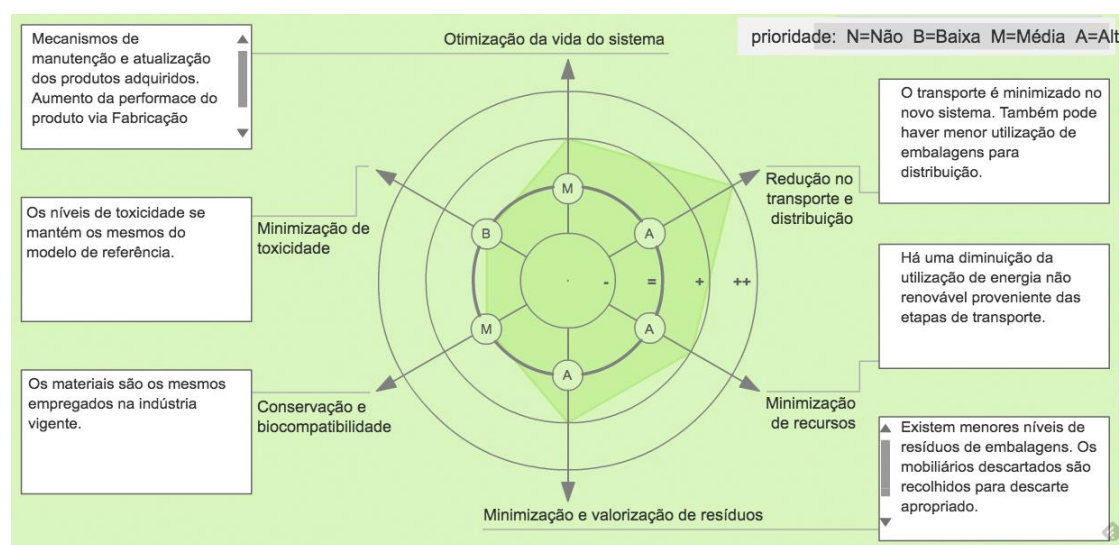


Figura 4-47: Diagrama tipo radar para a dimensão ambiental.
Fonte: do autor.

Pode-se notar, ao visualizar o gráfico, que houveram melhorias em quase todas as diretrizes para a sustentabilidade no caso do conceito desenvolvido, com exceção das que dizem respeito à “Minimização de toxicidade” e “Conservação e biocompatibilidade”. Nestes casos não há nenhuma alteração em comparação com o sistema vigente. A problemática referente à toxicidade se refere ao do emprego do formaldeído, que é cancerígeno, na produção das chapas de MDF e compensado multilaminado. Estes são os principais materiais utilizados na indústria moveleira atual.

A mudança mais radical está relacionada à “Redução do transporte e distribuição”, que são dramaticamente minimizados no Sistema. A viabilização da produção local sob demanda de artefatos customizados, neste sentido, contribui para o alívio na emissão total de monóxido de carbono proveniente do transporte de produtos que não possuem um pedido efetivo. Dessa maneira, há uma diminuição da utilização de energias não renováveis, o que representa um avanço incremental para a diretriz “Minimização de Recursos”.

Além disso, o Sistema oferece a oportunidade de utilização mais eficiente de recursos através do cálculo computacional, que é capaz de minimizar os resíduos do processo de fabricação. Isto está ligado a diretriz “Minimização e valorização de resíduos”, que também considera a diminuição do uso de embalagens para transporte (por envolver distâncias menores) e o serviço de recolhimento de produtos que chegaram ao fim de vida para o descarte apropriado. Percebe-se que a Fabricação Digital poderia inclusive auxiliar a prever o destino de reutilização da matéria-prima, calculando os excedentes de material após a produção e apontando possíveis usos em outros serviços.

Outro fator importante para o avanço Sistema está no critério “Otimização da vida do sistema”. Considera-se aqui o potencial da Fabricação Digital em contribuir para a criação de objetos de desejo mais duradouros e específicos às necessidades do usuário. O aumento da performance do produto e sua confiabilidade, neste sentido, permite que

estes sejam usados por mais tempo e não sejam descartados prematuramente, sendo menos vulneráveis aos mecanismos de obsolescências técnica, estética, funcional e/ou psicológica. Além disso, entende-se que os serviços de troca de funções e upgrade ofertados no sistema também contribuem para o avanço nesta diretriz.

No que se refere à dimensão social da sustentabilidade, o conceito do Sistema também oferece avanços. Estes podem ser observados na figura 4-48.

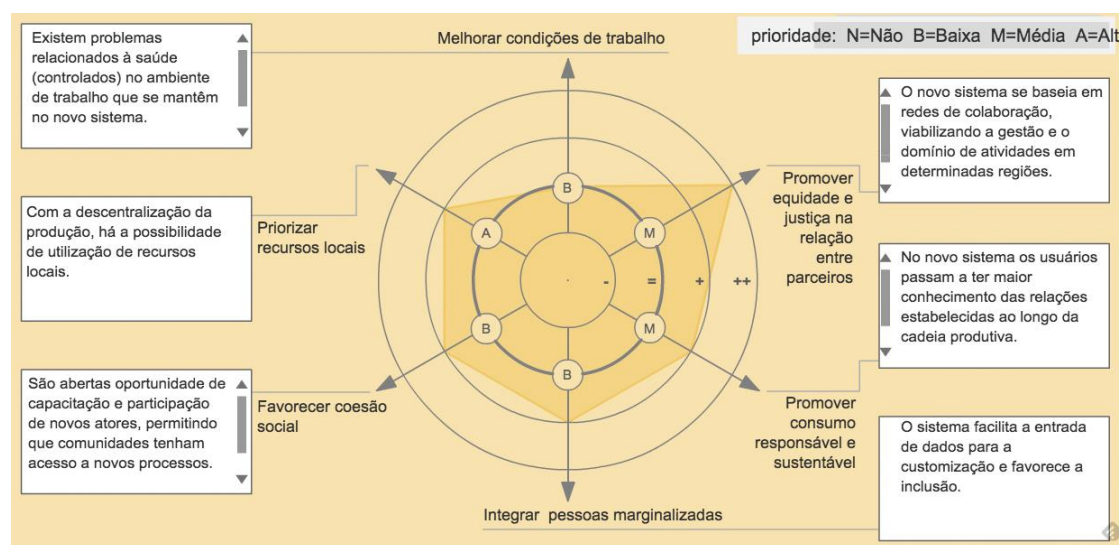


Figura 4-48: Diagrama tipo radar para a dimensão social.
Fonte: do autor.

A mudança radical neste caso pode ser observada em “Promover equidade e justiça na relação entre parceiros”. Ao favorecer atividades locais interconectadas em rede, o sistema é capaz de viabilizar a gestão e domínio do ambiente econômico imediato por entre os indivíduos de determinada região. Com isso, a ausência de uma unidade centralizadora de produção é capaz de impedir a fuga de capitais para outras áreas, adicionando qualidade de vida para as pequenas comunidades e implicando na construção de uma sociedade que respeite os direitos humanos e a liberdade, na redução da pobreza e da injustiça, no acesso melhorado à bens de consumo e à informação. Isto também se reflete na diretriz “Favorecer a coesão social”. O novo conceito permite a geração de oportunidades de capacitação e participação de novos atores na concepção de ideias, demandas e desejos

via colaboração entre pares, permitindo que comunidades tenham acesso a novos processos.

Em “Priorizar recursos locais”, verifica-se uma melhoria incremental ao perceber que a descentralização da produção é capaz de favorecer a utilização de matéria-prima local. Já em “Promover consumo responsável e sustentável”, destaca-se a preocupação do novo Sistema em fornecer informações que permitam o usuário ter maior conhecimento das relações estabelecidas ao longo da cadeia produtiva. Dessa maneira, o consumidor conseguirá fazer o discernimento entre opções que causem maior e menor dano, se sentindo encorajado a optar pelas que são mais responsáveis.

A utilização da Fabricação Digital permitirá ao sistema o ajuste de algumas variáveis que controlam características do produto final, fazendo com que o usuário selecione a melhor configuração para sua unidade de satisfação com custos menores que o da fabricação sob medida. Neste sentido, este esquema favorece a inclusão de consumidores de baixa renda que não são atendidos pelas especificações de artefatos produzidos em série. Este é o principal argumento para a diretriz “Integrar pessoas marginalizadas”. Por fim, para o quesito “Melhorar condições de trabalho”, não existem inovações a este respeito, mantendo-se a mesma abordagem do sistema de referência.

A figura 4-49 mostra os efeitos do novo sistema para a dimensão econômica da sustentabilidade. As inovações radicais desta dimensão são duas. Na diretriz “Valor agregado para os clientes”, apesar deste sistema não utilizar a abordagem do “bespoke fabrication” (fabricação sob medida), os produtos oriundos deste sistema poderão favorecer o encontro das unidades de satisfação de um maior número usuários através da utilização de parâmetros para customização. Em “Parcerias e cooperações”, considera-se a inclusão de novos atores no Sistema, principalmente de pequenas e médias empresas.

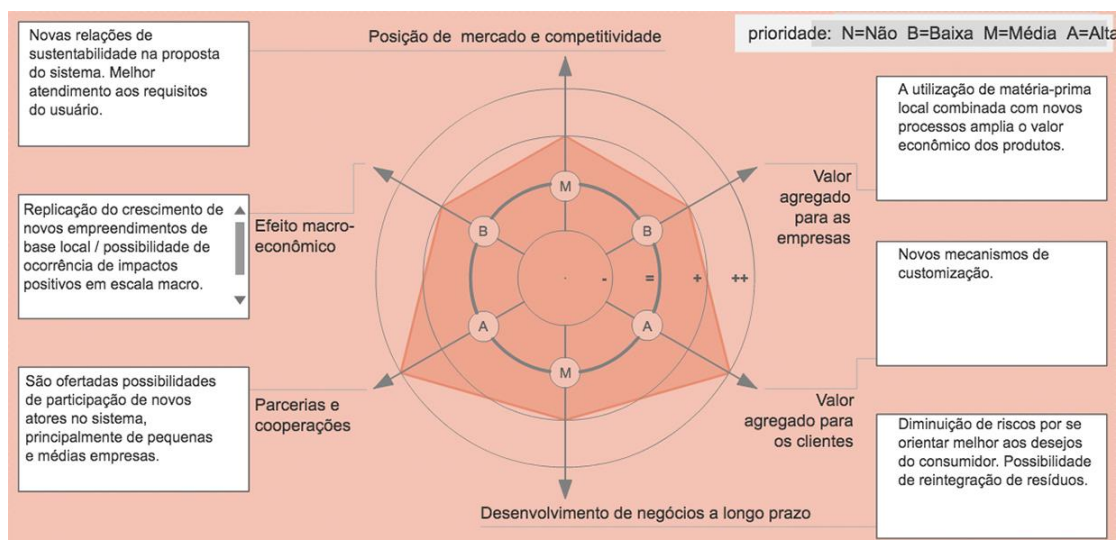


Figura 4-49: Diagrama tipo radar para a dimensão econômica.
Fonte: do autor.

No que se refere à “Posição de mercado e competitividade”, percebe-se uma melhora incremental, já que o usuário passaria a entender melhor, no caso do novo sistema, as relações de sustentabilidade na proposta. Neste sentido, intui-se que o posicionamento responsável das empresas envolvidas poderá contribuir para uma melhor representatividade no mercado. A maior proximidade do *hub* de fabricação em relação ao consumidor final e a produção miniaturizada, que conferem maior flexibilidade e velocidade no atendimento a requisitos do usuário em relação a sistemas convencionais, também aumentam o nível de competitividade deste modelo.

Em “Desenvolvimento de negócios a longo prazo”, considera-se que o sistema proposto favorece o estabelecimento de um ambiente mais ágil, flexível e melhor orientado aos desejos e necessidades do consumidor. Esta característica favorece a diminuição de riscos para o modelo de negócio, desde que haja uma progressão do desenvolvimento das tecnologias utilizadas através do tempo. Nesta mesma diretriz inclui-se a possibilidade de reintegração de resíduos, transformando estes materiais em fonte de geração de renda através da produção de serviços e artefatos com redução do capital necessário para a exploração de recursos virgens.

Em “efeito macroeconômico”, o conceito teórico do Sistema avalia que, através da descentralização da produção e do serviço, há o crescimento

de novos negócios e empreendimentos de base local. Quando este modelo se replica, considera-se a possibilidade da ocorrência de impactos positivos em uma escala macro, tais como o crescimento econômico, a geração de empregos e a construção de um comércio interno vantajoso.

A utilização de matéria-prima tradicional de maneira combinada com novos processos e subprodutos da Fabricação Digital pode ampliar o valor econômico dos produtos fabricados localmente, o que representa uma melhoria na diretriz “Valor agregado para empresas”. Nesse sentido, os equipamentos devem ser capazes de trabalhar com a maior quantidade possível de materiais existentes. Além disso, por se inserir em organização em rede, as demandas de material e capital podem ser reduzidas.

Analizando os três gráficos do tipo radar para as dimensões da sustentabilidade, é possível dizer que o Sistema proposto na presente dissertação apresenta várias características positivas em comparação com o sistema vigente de oferta de mobiliário para consumidores de baixa renda.

4.5.4.3 Resumo das atividades conduzidas no Ciclo 4

As atividades deste ciclo podem ser vistas na tabela 4-17.

Tabela 4-17: Resumo das atividades do Ciclo 4.

Ferramentas utilizadas no Ciclo 4	<i>a) Questionário; b) Think Aloud (TASSI, 2016); c) Entrevista aberta; d) Sustainable Design-Orienting toolkit (SDO) (VEZZOLI, 2010).</i>
Ações desempenhadas	1) Materialização dos artefatos; 2) Simulação do sistema com alta fidelidade.
Resultados das ações	1) Os produtos desenvolvidos na pesquisa foram fabricados; 2) As consumidoras vivenciaram a simulação de alta fidelidade e contribuíram com suas percepções sobre o processo.
Análises do pesquisador	Através das análises, o pesquisador pôde: 1) Selecionar cenários de utilização relevantes para as consumidoras selecionadas; 2) Criar um script para a simulação de alta fidelidade.
Feedback dos atores-chave	Os atores-chave fizeram uma avaliação das etapas da simulação de alta fidelidade.

Fonte: do autor.

4.6 DISCUSSÃO

O resultado obtido ao final da implementação dos quatro ciclos de ação na presente pesquisa não pretende ser versão definitiva; ao invés disso entende-se que, se mantida a condução da Pesquisa-Ação nos mesmos moldes, novos dados poderiam apontar e demandar novas estratégias. Da mesma maneira, a introdução de dados oriundos de contextos diferentes poderia levar a outros vieses.

Nesse sentido, valorizam-se o processo e as descobertas das diversas barreiras que podem ser encontradas no percurso de implementação real deste Sistema e de outros semelhantes. Embora a literatura consultada já oferecesse um panorama complexo para a implementação das abordagens consideradas neste trabalho, a realização da pesquisa de campo foi capaz de apontar características que devem ser consideradas especificamente para o contexto do público de baixa renda. As proposições feitas para superar estas barreiras podem inspirar novos caminhos, contribuindo para os estudos da Fabricação Digital e das Economias Distribuídas. Tais barreiras e proposições podem ser observadas com clareza na tabela 4-18.

Tabela 4-18: Barreiras encontradas e proposições para superá-las.

Barreiras	Proposições
Desconhecimento das abordagens de Fabricação Digital e Produção e Design Distribuídos por um ou mais atores-chave do Sistema.	Promoção de atividades empáticas entre os diversos atores do Sistema como forma de integrá-los das atividades e promover o engajamento necessário.
Ceticismo de empresas para a abordagens <i>open-source</i> e de abertura do PDP para a participação aberta de comunidades.	Combater a desinformação e fazer demonstração de potenciais benefícios através das mesmas estratégias supracitadas.
Baixo número de fabricantes digitais qualificados no Brasil.	Intui-se que o desenvolvimento e barateamento de equipamentos em vigor causará naturalmente a especialização destes atores, que poderão ser submetidos à certificações e cumprimentos de normas.
Inexistência de mão-de-obra qualificada para operação de CNC na indústria moveleira.	Criação de cursos específicos por organizações que apoiem a área industrial por meio da formação de recursos humanos, tal como o SENAI.

Inexistência de serviço que faça a calibragem automatizada e remota de equipamentos.	Desenvolvimento de <i>software</i> que viabilize este serviço e supra esta demanda, já que não há iniciativa como esta.
Ausência de legislações específicas para Sistemas Produto+Serviço.	Intui-se que a disseminação de sistemas deste tipo provocará uma reação espontânea nos órgãos competentes, que podem ser estimulados através de debates públicos.
Baixa qualidade dos compensados multilaminados no mercado.	Demonstrar a viabilidade do emprego em larga escala de materiais com melhor acabamento e as possíveis vantagens dessa abordagem como forma de adaptar o mercado brasileiro para uma realidade já observada no exterior.
Necessidade de criação de espaços de <i>showroom</i> para conferir aos consumidores a confiança necessária para compra no Sistema.	Viabilização destes espaços em centros urbanos ou nos próprios dos hubs de fabricação, viabilizados pela plataforma. Podem ser incluídos também novos atores (lojas locais de utilitários e vendedores porta-a-porta) e peças de exposição (produtos finalizados, sistemas de encaixe, miniaturas funcionais e catálogos).
Ausência de recursos de baixo custo e intuitivos que permitam a criação, a manipulação e a visualização ampliada das características de um artefato em ambiente digital.	Aperfeiçoamento de equipamentos e <i>softwares</i> que trabalhem com hologramas, realidade aumentada, mapeamento 3D ou semelhantes.

Fonte: do autor.

Entre as possibilidades de financiamento do conceito criado, entende-se que o poder público possui o interesse e as condições necessárias para apoiar iniciativas que conduzam a sociedade para panoramas mais sustentáveis. No âmbito de uma prefeitura, *hubs* posicionados de maneira estratégica em sedes administrativas regionais, como é o caso das “ruas da cidadania” da cidade de Curitiba, poderiam prover o acesso à meios otimizados de produção e consumo, fortalecendo as comunidades nas esferas social, ambiental e econômica. Além do poder público, uma variedade de outros agentes poderá querer compartilhar dos resultados gerados: de fabricantes de matéria-prima e de equipamentos de Fabricação Digital a empresas de consultoria de grande porte, associações, ONGs e organizações bilaterais.

5 CONCLUSÕES

Neste capítulo serão apresentadas as conclusões gerais do trabalho, as considerações relativas ao método de pesquisa e algumas recomendações para pesquisas futuras.

5.1 CONCLUSÕES GERAIS

É importante dizer que, diante da tarefa de proposição de um cenário que congregasse as “emergentes” abordagens práticas e teóricas da Fabricação Digital e da Produção e Design Distribuídos, sabia-se de antemão que os desafios não seriam poucos. Conclui-se, no entanto, que o objetivo principal da presente pesquisa foi alcançado com sucesso, retornando um dos possíveis caminhos pelos quais se poderia obter a viabilidade da oferta de artefatos *open-source* para Habitações de Interesse Social através destes conceitos. A análise da literatura e o estudo conduzido apontam que este cenário é plausível, podendo implicar em modos de produção e consumo mais sustentáveis. Conforme ocorra o adensamento de consumidores e fornecedores, há a possibilidade de ampliação destes impactos.

Como foi possível perceber ao longo da dissertação, este trabalho compartilha de uma visão contemporânea do *Design*, onde diferentes atores são estimulados à participação na atividade projetual. Nesse sentido, o aprendizado maior neste campo de ação foi o apontamento da diversidade e multiplicidade de variáveis que podem (e mais comumente irão) surgir durante a utilização de abordagens oriundas de outros contextos para a realidade brasileira.

A singularidade das condições da população de baixa renda, por exemplo, demanda mais do que a mera transposição das tecnologias de Fabricação Digital, que são atualmente celebradas exaustivamente em um contexto *hype*. Uma vez observadas suas características constitutivas, foi preciso criar condições de adequação com vistas ao usufruto de seus vários

benefícios. O mesmo vale para a inclusão dos elementos de esparjo e abertura de processos de manufatura ligados à Produção e Design Distribuídos, que culminou na obtenção de um Sistema factível e integrado às circunstâncias e necessidades locais específicas de moradores de Habitação de Interesse Social. Discute-se, no entanto, que esta distribuição característica pode não ser adequada para todos os contextos. Toma-se como exemplo a indústria farmacêutica, em que imperam o controle de qualidade (por haver risco direto à saúde com o desvio mínimo da produção) e o ajuntamento de pessoal especializado para a produção. Neste caso, esta estrutura deve ser repensada.

Para além disso, a exposição clara das principais barreiras que se impõem entre a implementação e a obtenção de resultados dá lastro para que surjam novas iniciativas locais baseadas no modelo apresentado e para a realização de novas investigações na área. A avaliação dos possíveis impactos nas dimensões ambiental, social e econômica do cenário proposto também oferecem um prognóstico com o qual se deve trabalhar, dando ênfase no desenvolvimento de oportunidades e soluções que conduzam a sociedade à patamares mais sustentáveis de produção e consumo.

Se, por um lado, um grande número de empecilhos se prostraram no caminho da pesquisa, seja na carência de recursos no contexto regional/nacional ou nas divergências entre pares, por outro entende-se que são várias as oportunidades de empreender. A experiência positiva da utilização da Fabricação Digital como ferramenta de *co-design* com o usuário de baixa renda é exemplo que pode levar a uma delas. Dessa forma, no panorama atual, onde há a tendência do compartilhamento e da distribuição de conhecimento em redes globais, além da integração e disseminação de novas tecnologias, a presente pesquisa reforça e valoriza essas abordagens como estratégias de transformação do “local”.

5.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE O MÉTODO DE PESQUISA

A presente investigação é fortemente marcada pela presença da Pesquisa-Ação, método pelo qual o pesquisador promoveu uma dinâmica cíclica dividida em quatro etapas com a participação frequente dos grupos engajados. No intuito de se manter uma estrutura metodológica rigorosa, necessária para conferir a cientificidade necessária para o projeto, todas as ações desenvolvidas tiveram apego ao conjunto de regras estabelecidas e justificadas inicialmente.

Assim, considera-se que a utilização da Pesquisa-Ação se mostrou apta para que se alcançassem os objetivos propostos. Pode-se dizer, no entanto, que houve certo risco de perda de foco nas atividades desenvolvidas, o que foi causado pela grande quantidade de material gerado em cada ciclo da investigação. Nesse sentido, o pesquisador desempenhou e recomenda a plena organização como forma última de se manter alinhado às proposições originais, permitindo também que o trabalho de campo (processo cronológico) seja descrito textualmente de maneira bem resolvida e concomitante à coleta de dados, visto que as ações normalmente não se dão de linearmente no tempo.

Outra dificuldade percebida e ultrapassada com sucesso foi a geração da empatia necessária com os todos interlocutores selecionados para que pudessem contribuir ativamente na Pesquisa-Ação. Isso foi feito através do desenvolvimento do espírito de liderança do pesquisador através das etapas desempenhadas. Percebe-se que, com o desenvolvimento contínuo do trabalho, maiores são as possibilidades de detalhamento dos dados.

Vale ressaltar que, além da Pesquisa-Ação, a utilização de outras ferramentas foi muito importante para a caracterização da presente pesquisa. Intui-se que a exploração delas, tais como *Sustainability Design-Orienting Toolkit*, *Mapa de Sistema*, *Diagrama de Polaridade* e outras, em paralelo ao método principal, foi capaz de contribuir para o refinamento das análises e validações qualitativas e interpretativas, o que reforça a pertinência de seus

empregos, abrindo espaço para a possibilidade de inclusão de novas abordagens.

5.3 RECOMENDAÇÕES PARA FUTURAS INVESTIGAÇÕES

Para futuras investigações, recomenda-se a revisão do estado das interações das tecnologias de Fabricação Digital com a sociedade, já que foi verificado que esta característica vem sendo alterada com frequência. Na medida em que escolas, prefeituras e espaços públicos seguem a tendência de agregar estes equipamentos, entende-se que a geração futura, que conviverá mais intimamente com estas máquinas e *softwares*, também possuirá visões de uso distintas das que foram percebidas até aqui. Essa condição colabora diretamente para que se vença boa parte das barreiras identificadas para implementação real do Sistema proposto no trabalho. Propõe-se também, nesse sentido, a investigação de recursos de baixo custo que permitam a interação ampliada dos consumidores com artefatos em ambientes digitais.

É importante também que sejam verificadas e estabelecidas estratégias que garantam a uniformidade na qualidade dos produtos ofertados no contexto da Produção Distribuída, tal como a viabilização de serviço que faça a calibragem automatizada e remota dos equipamentos de Fabricação Digital, sugerida por um dos interlocutores da pesquisa. Para além disto, percebe-se a necessidade de estudos que ofereçam recomendações ou novos meios para a utilização de equipamentos de forma a maximizar o uso e reuso de recursos e componentes, considerando todo o ciclo de vida dos produtos.

Verifica-se também a necessidade de investigação mais aprofundada de estratégias alternativas que promovam o engajamento necessário dos consumidores de baixa renda em específico para a participação em projetos colaborativos. Estes atores poderão se envolver em sistemas distribuídos na medida em que se qualifiquem tecnicamente para atividades realizadas, tais

como a operação de máquina CNC na indústria moveleira. Nesse sentido, podem ser desenvolvidos cursos específicos que atendam essa necessidade.

Recomenda-se ainda a necessidade da criação de dispositivos legais para Sistemas Produto+Serviço que favoreçam suas atividades no âmbito das regiões administrativas.

Por fim, entendendo que a Pesquisa-Ação desenvolvida representa um dos possíveis recortes para o alcance dos objetivos da investigação, propõe-se que sejam considerados outros vieses, enriquecendo o estado da pesquisa com a inclusão de novas abordagens.

REFERÊNCIAS

3D HUBS. 2016. Site. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

AGUIAR, L.; TORRES, H.; MEIRELLES, R. O consumidor de baixa renda. In: PARENTE, J; LIMEIRA, T.; BARKI, E. (org.) Varejo para a baixa renda. Porto Alegre: Bookman, 2009.

ANDERSON, C. In the next industrial revolution, atoms are the new bits.

Wired Magazine. 2010. Disponível em:

<http://www.wired.com/2010/01/ff_newrevolution/>. Acesso em: 18 dez. 2015.

_____. **Makers: the New Industrial Revolution**. Nova Iorque: Random House Business Books, 2012.

ANZALONE, P.; VIDICH, J., DRAPER, J. Non-Uniform Assemblage: Mass Customization in Digital Fabrication. **Without a hitch**: new directions in prefabricated architecture, p. 298-306. 2008.

ARTISAN'S ASYLUM. 2014. Site. Disponível em:

<<http://artisansasylum.com/how-to-make-a-makerspace/>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 9000. **Sistemas de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário**. ABNT, 2005.

AVITAL, M. The Generative Bedrock of Open Design. In: B. Van Abel; R.

Klaassen; L. Evers; P. Troxler (Eds.); **Open Design Now: Why Design**

Cannot Remain Exclusive, 2011. Amsterdam: BIS Publishers. Disponível em: <<http://opendesignnow.org/>>. Acesso em: 18 nov. 2015.

BALDWIN, C.; HIPPEL, E. Von. Modeling a Paradigm Shift: From Producer Innovation to User and Open Collaborative Innovation. **Organization Science**, v. 22, n. 6, p. 1399-1417, 2011.

BARROS, A. M.; **Fabricação digital**: sistematização metodológica para o desenvolvimento de artefatos com ênfase em sustentabilidade ambiental. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BARROS, A. M.; SILVEIRA, N. S. A Fábrica Mínima: tecnologias digitais para a produção local e customizada de artefatos físicos. **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, vol.1, num.4., 2014.

BAUWENS, M.; MENDOZA, N.; IACOMELLA, F. **A Synthetic Overview of the Collaborative Economy**. Chiang Mai: P2P Foundation, 2012.

BAXTER, M. Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos. São Paulo: Blücher, 1998.

BENKLER, Y. **The Wealth of Networks**: How Social Production Transforms Markets and Freedom. New Haven: Yale University Press, 2006.

BERGER, D. Comparing RFP vs. RFQ vs. RFI approaches when purchasing a CMMS. Plant Services, fev. 2015. Disponível em:
<<http://www.plantservices.com/articles/2015/asset-manager-rfp-rfq-rfi/>>.
Acesso em: 12 out. 2016.

BERNARDO, M. V. A. F. R. **Da produção industrial à convivencial**: uma experiência com Fabricação Digital e compartilhamento na favela. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2014.

BLIKSTEIN, P. Digital Fabrication and ‘Making’ in Education: The Democratization of Invention. In: J. Walter-Herrmann & C. Büching (Eds.), **FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors**. Bielefeld: Transcript Publishers.

BRANDS of Maker Media. Site. Disponível em:
<<https://help.makermedia.com/hc/en-us/articles/203728869-The-Brands-of-Maker-Media>>. Acesso em: 22 jan. 2016.

BUSWELL, R.; SOAR, R.; GIBB, A.; THORPE, A. Freeform Construction: Mega-scale Rapid Manufacturing for construction. **Automation in Construction**, v. 16, n. 3, p. 224-231, 2007.

BYRNE, M. California passed a law requiring registration of 3D-Printed guns. Vice – Motherboard, jul. 2016. Disponível em: <<http://motherboard.vice.com/read/california-passes-law-requiring-registration-of-homemade-guns>>. Acesso em: 06 set. 2016.

CAMP, R. **Benchmarking**: o caminho da qualidade. São Paulo: Pioneira, 1993.

CAMPBELL, C. The craft consumer: Culture, craft and consumption in a postmodern society. **Journal of Consumer Culture**, v. 5, p. 23-42. 2005.

CAPES. Portal de periódicos. Disponível em: <<http://www.periodicos.capes.gov.br>>. Acesso em: 24 mai. 2015.

CASTILHO, J. **Revendedoras Avon em campanha**: venda direta e interação social. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Sociologia. Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2005.

CASTILHOS, R. **Subindo o morro**: consumo, posição social e distinção entre famílias de classes populares. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Administração. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

CATEORA, P. R.; GILLY, M. C.; GRAHAM, J. L. **International Marketing**. Nova Iorque: McGraw-Hill Irwin. 2007.

CDC. Código de Defesa do Consumidor. Lei 8.078 de 11/09/90. Brasília, Diário Oficial da União, 1990.

CELANI, G.; PUPO R. Prototipagem rápida e Fabricação Digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. **Cadernos de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo**, v. 1, p. 31-41. São Paulo, 2008.

CEM/CEBRAP. MINISTÉRIO DAS CIDADES. ARRETCHE, M. (org.). **Capacidades Administrativas, Déficit e Efetividade na Política**

Habitacional. MCidades/ Secretaria Nacional de Habitação. Brasília: CEM/CEBRAP, 2007.

CEV FGV. Definição de Baixa Renda. Centro de Excelência em Varejo da EAESP, 2014. Disponível em: <<https://cev.fgv.br/sites/cev.fgv.br/files/>>. Acesso em 18 dez. 2016.

CHAUSSARD, C. E-commerce B2B2C: uma forma de combater o conflito de canais. Disponível em: <<https://www.ecommercebrasil.com.br/artigos/e-commerce-b2b2c-uma-forma-de-combater-o-conflito-de-canais/>>. Acesso em 21 out. 2016.

CHESBROUGH, H.; VANHAVERBEKE, W.; WEST, J. **Open Innovation: Researching a new paradigm.** Oxford: Oxford University Press, 2008.

CNI. **Retratos da Sociedade Brasileira:** Problemas e Prioridades do Brasil para 2014. 2014. Disponível em: <http://arquivos.portaldaindustria.com.br/app/conteudo_18/2013/07/24/8629/1202-problemas-e-prioridades-para-2014-140212073449-phpapp01.pdf>. Acesso em: 20 jul. 2016.

CONFORTO, E. C.; AMARAL, D. C.; SILVA, S. L. da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. **Anais do 8º CBGDP.** Porto Alegre, 2011.

COTERA, A.; ORTIZ, H. Comércio justo. In: CATTANI, A. D.; LAVILLE, J.L.; GAIGER, L.I.; HESPANHA, P. **Dicionário internacional da outra economia.** São Paulo: Almedina, 2009.

COUGHLAN, P.; COGHLAN, D. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 220-240, 2002.

CRANE, J.; CRESTANI, R.; COTTELEER, M. 3D opportunity for end-use products: additive manufacturing builds a better future. **Deloitte Review**, v. 14, 2014.

DAROS, C. **Design para a sustentabilidade:** oportunidades de inovação a partir dos hábitos de consumo na habitação de interesse social. Dissertação

(Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

DECRETO. Decreto Nº 6.135. 2007. Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-

2010/2007/decreto/d6135.htm>. Acesso em: 5 mar. 2016.

DICKIE, I. B. **Crowd-Design for sustainability: a reference model proposition**. 2015. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015. Em fase de elaboração.

DICKIE, I. B.; SANTOS, A. dos. Bases para o entendimento do crowdsourcing e sua aplicação em projetos de Crowd-design. **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, vol.1, num.4., 2014.

DIEGEL, O.; SINGAMNENI, S.; REAY, S.; WITHELL, A. Tools for sustainable product design: additive manufacturing. **Journal of Sustainable Development**, v. 3, i. 3, p. 68-75. 2010.

DILLARD, J.; DUJON, V.; KING, M. **Understanding the Social Dimension of Sustainability**. Nova Iorque: Routledge, 2008.

DIMENSION Polymers. Site. Disponível em:

<<http://dimensionpolymers.com/about-us/>>. Acesso em: 18 fev. 2016.

DOWNING, D.; COVINGTON, M.; COVINGTON, M.; BARRET, C. A.; COVINGTON, S. **Dictionary of Computer and Internet Terms**. Nova Iorque: Hauppauge, 2012.

DRIZO, A.; PEGNA, J. Environmental impacts of rapid prototyping: an overview of research to date. **Rapid Prototyping Journal**, v. 12, p. 64-71. 2006.

DUDERSTADT, A. V. **Relações entre a customização em massa e a moda sustentável**. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

DUNNE, P. Additive Manufacturing. **Inside Dental Technology**, v. 3, i. 4, 2012.

E-BIT. Relatório WebShoppers 2016. Disponível em:
<http://img.ebit.com.br/webshoppers/pdf/33_webshoppers.pdf>. Acesso em:
12 out. 2016.

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar em Revista**, n. 16, p. 181-191. 2000.

ESTELLÉS-AROLAS, E.; GONZALEZ-LADRÓN-DE-GUEVARA, F. Towards an integrated crowdsourcing definition. **Journal of Information Science**, v. 38, n. 2, p. 189-200. 2012.

EYCHENNE, F.; NEVES, H. **Fab Lab: A Vanguarda da Nova Revolução Industrial**. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2014.

FAB CHARTER. The Fab Charter. Disponível em:
<<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/the-fab-charter>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

FAB FOUNDATION. Site. Disponível em: <<http://www.fabfoundation.org/fab-labs/setting-up-a-fab-lab/the-hardware-and-software/>>. Acesso em: 12 jan. 2016.

FAB LABS. Site. Disponível em: <<https://www.fablabs.io/labs>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

FJELDSTED, A. S.; ADALSTEINSDOTTIR, G.; HOWARD, T. J.; MCALOONE, T. Open Source Development of Tangible Products. NordDesign 2012. **Anais...**, p. 1-9, 2012. Aalborg, Dinamarca.

FJP. FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. **Déficit Habitacional no Brasil**. Brasília: FJP, 2008.

FORD, H. **My Life And Work**. Thousand Oaks: BN Publishing, 2008.

FORMLABS. Site. Disponível em: <<http://formlabs.com/stories/in-house-3d-printer-vs-outsource/>>. Acesso em: 18 abr. 2016.

FRAAIHEID. Site. Disponível em: <<http://fraaiheid.com/portfolio/tafel/>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

FRANCO, M. A. S. Pedagogia da Pesquisa-Ação. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 483-502. 2005. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a11v31n3.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2016.

FRANKE, N.; PILLER, F. Toolkits for user innovation and design: an exploration of user interaction and value creation. **Journal of Product Innovation Management**, v. 21, i. 6, p. 401-415. 2004.

FUKUSHIMA, N. **Dimensão Social do Design Sustentável**: Contribuições do Design Vernacular da População de Baixa Renda. 2009. 160p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

GAUNTLETT, D. **Making is Connecting**: the Social Meaning of Creativity, from DIY and Knitting to Youtube and Web 2.0. Hoboken: John Wiley & Sons, 2013.

GEBHARDT, A. **Rapid Prototyping**. Munique: Hanser, 2003.

GERSHENFELD, N. **FAB: the Coming Revolution on Your Desktop** - from Personal Computers to Personal Fabrication. Nova Iorque: Basic Books, 2005.

_____. How to make almost anything: The digital fabrication revolution. **Foreign Affairs**, v. 91, p. 43, 2012.

GHALIM, A. **Fabbing Practices: An Ethnography in Fab Lab Amsterdam**. 2013. 96f. Dissertação (Master of Media and Culture Studies). New Media and Culture Studies, Universiteit van Amsterdam, 2013.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2002.

von der GRACHT, H. A.; DARKOW, I. Scenarios for the logistics services industry: a Delphi-based analysis for 2025. **International Journal of Production Economics**, v. 127, i. 1, p. 46-59. 2010.

GOULA, A. Fab Lab House. Site. Disponível em: <<http://www.fablabhouse.com/en/la-fab-lab-house-gana-el-premio-del-publico-de-solar-decathlon-europe/>>. Acesso em: 20 jan. 2016.

GROS, J. 50 Digital Wood Joints. Flexible Stream – Open Design Source, 2014. Disponível em: <<http://www.flexiblestream.org/project/50-digital-wood-joints>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

GWAMURI, J.; WITTBRODT, B. T.; ANZALONE, N. C.; PEARCE, J. M. Reversing the Trend of Large Scale and Centralization in Manufacturing: The Case of Distributed Manufacturing of Customizable 3-D-Printable Self-Adjustable Glasses. **Challenges in Sustainability**, v. 3, i. 1, p. 30-40. 2014.

HACKERSPACEWIKI. Site. Disponível em:

<https://wiki.hackerspaces.org/List_of_Hacker_Spaces>. Acesso em: 23 jan. 2016.

HATCH, M. **The Maker Movement Manifesto**: Rules for Innovation in the New York World of Crafters, Hackers and Tinkerers. Nova Iorque: McGraw-Hill Professional, 2013.

HICKEY, S. The Innovators: Opendesk, the Airbnb of office furniture? The Guardian, abr. 2015. Disponível em:

<<https://www.theguardian.com/business/2015/apr/12/opendesk-the-airbnb-of-office-furniture>>. Acesso em: 12 out. 2016.

HOWE, J. The Rise of Crowdsourcing. 2006. **Wired Magazine**. Disponível em: <<http://disco.ethz.ch/lectures/fs10/seminar/paper/michael-8.pdf>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

IBGE. **Pesquisa Mensal de Comércio – PMC**. Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/imprensa/ppts/00000027253109112016314513648711.pdf>>. Acesso em: 21 out. 2016.

IBGE. Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – PNAD 2013.

Disponível em:

<<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2013/>>. Acesso em: 18 dez. 2016.

IBGE. **Síntese de Indicadores Sociais** – Uma análise das condições de vida da população brasileira. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

INAF. **Indicador de Alfabetismo Funcional Brasil**. 2012. Disponível em:

<http://www.ipm.org.br/ptbr/programas/inaf/relatoriosinafbrasil/Paginas/inaf2011_2012.aspx>. Acesso em: 5 mar. 2016.

INSTRUCTABLES. DIY How To Make Instructions. Disponível em:

<<http://instructables.com>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

IPARDES. **Famílias pobres no Paraná**. 2013. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/biblioteca/docs/fm_pobres.pdf>. Acesso em 20 jul. 2016.

JACOBS, M. The quality of life: Social Goods and the Politics of Consumption. In: Jacobs, M. (org.) **Greening the millennium?** The New Politics of the Environment. Oxford: Blackwell, 2007.

JACOBSON, S. F. Hype Cycle for Leaders of Manufacturing Strategies. Ridgefield Park, NJ: Gartner Inc., 2015.

JOHANSSON, A.; KISCH, P.; MIRAT, M. Distributed economies – a new engine for innovation. **Journal of Cleaner Production**, v. 13. 2005.

JONES, W. D. iCandy: You 3-D Printed What? 2013. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/slideshow/geek-life/tools-toys/icandy-you-3d-printed-what>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

JUNIOR, N. A. C.; CASTILLO, L. G. Impressão 3D na cultura do design contemporâneo. **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, vol.1, num.4., 2014.

KINGSLEY, J. Test: best affordable 3D printers reviewed and rated. 2013. **Wired Magazine**. Disponível em: <<http://www.wired.co.uk/magazine/archive/2013/10/test/solid-results>>. Acesso em: 27 jan. 2016.

KOHTALA, C. Addressing sustainability in research on distributed production: an integrated literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 92. 2014.

KOLAREVIC, B. Digital Fabrication: Manufacturing Architecture in the Information Age. **ACADIA**, p. 268-277, 2001.

LAMPEL, J.; MINTZBERG, H. Customizing customization. **MIT Sloan Management Review**, 1996. Disponível em: <<http://sloanreview.mit.edu/article/customizing-customization/>>. Acesso em: 2 mar. 2016.

LAURENT, A. **Understanding Open-source and Free Software Licensing**. Sebastopol: O'Reilly Media, 2008.

LEFTERI, C. **Como se faz**: 82 técnicas de fabricação para design de produtos. São Paulo: Editora Blucher, 2009.

LENSIN. International Learning Network of networks on Sustainability. Site. Disponível em: <<http://www.lens-international.org/>>. Acesso em: 24 jun. 2016.

LEPRE, P. R. **Diretrizes para aplicação de dispositivos poka-yoke no design de mobiliário**: uma estratégia para o design sustentável. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2008.

LÉVI-STRAUSS, C. **O Pensamento Selvagem**. Campinas: Papirus, 1989.

LIOU, F. W. **Rapid prototyping and engineering applications**: a toolbox for prototype development. Londres: CRC Press, 2008.

MAGNANI, J. **Festa no pedaço**: cultura popular e lazer na cidade. São Paulo: HUCITEC, 2003.

MAKER FAIRE. Site. Disponível em: <<http://makerfaire.com/>>. Acesso em: 24 jan. 2016.

MAKETIME. Site. Disponível em: <<https://www.maketime.io/>>. Acesso em 12 out. 2016.

MALONE, T.; LAUBACHER, R.; DELLAROCAS, C. **Harnessing crowds**: mapping the intelligence of collective intelligence. MIT Center for Collective Intelligence, Cambridge, MA. 2009.

MANZINI, E.; VEZZOLI, C. **O desenvolvimento de produtos sustentáveis: requisitos ambientais dos produtos**. São Paulo: EdUSP, 1998.

MARCHELLI, G.; PRABHAKAR, R.; STORTI, D.; GANTER, M. The guide to glass 3D printing: developments, methods, diagnostics and results. **Rapid Prototyping Journal**, v. 17, i. 3, p. 187-194. 2011.

MARTINEZ, S.; STAGER, G. The maker movement: A learning revolution. **Learning and leading with technology**, v. 41, n. 7, 2014.

MATT, D. T.; RAUCH, E.; DALLASEGA, P. Trends towards Distributed Manufacturing Systems and modern forms for their design. In: **9th CIRP**

Conference on Intelligent Computation in Manufacturing Engineering, v. 33, p. 185 – 190. 2015.

MCIDADES. MINISTÉRIO DAS CIDADES. **Plano Nacional de Habitação**. MCidades/ Secretaria Nacional de Habitação. Brasília: MCidades, 2009.

MEDLOCK, M.; WIXON, D.; TERRANO, M.; ROMERO, R.; FULTON, B. Using the RITE method to improve products: a definition and a case study. Microsoft, 2002. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=20940>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

MELLIS, D. A. **Case Studies in the Digital Fabrication of Open-Source Consumer Electronic Products**. 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado) – Media Arts and Sciences. Massachusetts Institute of Technology. Cambridge, 2011.

MENDELEY. Free reference manager and PDF organizer. Disponível em: <<https://www.mendeley.com>>. Acesso em: 22 abr. 2015.

MERRIAM-WEBSTER. “how-to”. Disponível em: <<http://www.merriam-webster.com/dictionary/how%E2%80%93to>>. Acesso em: mar. 2016.

MESCOLINI, S. Site. “cnc milling machine, wood”. Disponível em: <<http://www.shutterstock.com/pic-223080235/stock-photo-cnc-milling-machine-wood.html?src=0xjqT9bTs4MGwkdbrrftldQ-1-0>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

MICHALIK, J.; JOYCE, J.; BARNEY, R.; MCCUNE, G. 3D opportunity for product design: additive manufacturing and the early stage. **Deloitte Review**, v. 14, 2014.

MITCHELL, W.; MCCULLOUGH, M. **Digital Design Media**. Nova Iorque: Van Nostrand Reinhold, 1995.

MOLDMAKING. Site. 2014. Disponível em <<http://www.moldmakingtechnology.com/news/spi-expands-npe3d-pavilion-as-18-companies-sign-on-to-display-3d-printing-technologies>>. Acesso em 20 jun. 2016.

MONTEIRO, M. T. F.; KRUCKEN, L.; LANA, S. L. B. Potencialidades da impressão 3D sob a perspectiva do design: uma análise do setor de joalheria

em Belo Horizonte. **11º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design**, vol.1, num.4., 2014.

MORAES, D. Design e identidade local: o território como referencia projetual em APLs moveleiros. In: MORAES, D.; KRUCKEN, L.; REYES, P. (org.) **Caderno de estudos avançados em Design**: identidade. Barbacena: EdUEMG, 2010.

MOREIRA, T. Política habitacional e locação social em Curitiba. **Caderno CRH**, v. 27, i. 71. 2014.

MULLER, C.; SOUZA, E.; SOUZA, E. R. B.; HILLER, J.; GARBIN, R.; SAUGU, A. Análise projetual da habitação de interesse social do município de Erechim/RS. In: Seminário Nacional de Construções Sustentáveis, 2013, Passo Fundo. **Anais do 2º SNCS**. Passo Fundo, 2013.

MYLER, L. Companies that are annihilating their competition. Forbes, mar. 2015. Disponível em:
<<http://www.forbes.com/sites/larrymyler/2015/03/13/companies-that-are-annihilating-their-competition>>. Acesso em 12 dez. 2016.

NEVES, H.; MAZZILLI, C. T. S. Open Design – a map of contemporary Open Design structures and practices. In: 10th European Academy of Design Conference – Crafting the future, 2013, Gothenburg. **Crafting the future**. Gothenburg, 2013.

NEVES, H.; ROSSI, D. Open Design. 8º Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto. **Anais do 8º CBGDP**. Porto Alegre, 2011.

O'HEAR, S. 3D Hubs, an online marketplace for local 3D printing, scores \$7M Series B. Techcrunch, ago. 2016. Disponível em:
<<https://techcrunch.com/2016/08/02/printing-money/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

O'RAHILLY, P. The guide to machine maintenance/ callibration. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/PatrickORahilly/guide-to-cnc-machine-maintenance-and-calibration>>. Acesso em: 12 dez. 2016.

OLIVEIRA, A.; DICKIE, I.; SANTOS, A. Crowd-design como alternativa de produção distribuída: um estudo de caso ex-post-facto em empresa de

móveis em pallet. 5º Simpósio de Design Sustentável. **Anais do SBDS15**. Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, R. Fábricas de criatividade revolucionam aprendizado (e já há delas no Brasil). El País, nov. 2016. Disponível em:
<http://brasil.elpais.com/brasil/2016/11/16/politica/1479318738_264761.html>
. Acesso em: 7 dez. 2016.

OOSTERHUIS, K. File to Factory and Real Time Behavior in ONL-Architecture. 2005. Disponível em:
<<http://www.oosterhuis.nl/quickstart/index.php?id=457>>. Acesso em: jul. 2008.

OPENDESK. 2016. Site. Disponível em: <<https://www.opendesk.cc/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

OPEN SOURCE ECOLOGY. Site. Disponível em:
<<http://opensourceecology.org/>>. Acesso em: 15 jan. 2016.

OSCEDAYS. Site. Disponível em: <<https://oscedays.org/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

OSHW. *Definição de Open Source Hardware*. Disponível em:
<<http://www.oshwa.org/definition/portuguese/>>. Acesso em: 25 jul. 2016.

OXMAN, R. Special issue of Design Studies on digital design. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 225-227, 2006.

P2PVALUE. Site. Disponível em: <<http://directory.p2pvalue.eu/>>. Acesso em: 14 jan. 2016.

PALERMO, C. **Sustentabilidade social do habitar**. Florianópolis: Ed. Da autora, 2009.

PANCHAL, J. H.; FATHIANATHAN, M.; NEE, A. Y. C. A platform for facilitation mass collaborative product realization. CIRP Annals – Manufacturing Technology. **CIRP Annals – Manufacturing Technology**, v. 58., p. 127-130, 2008.

PAOLIELLO, C. de M.; FURTADO, A. L. Sistemas de Informação para Comércio Eletrônico. **PUC-RioInf.MCC27**. Disponível em:

<ftp://obaluae.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/04_27_paoliello.pdf>.

Acesso em 12 out. 2016.

PARENTE, J.; BARKI, E. Varejo na baixa renda. GV Executivo, v. 5, n. 1, fev. /abr. 2006. Disponível em:

<<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/gvexecutivo/article/viewFile/34368/33166>>. Acesso em 12 jan. 2017.

PEARCE, J. M.; BLAIR, C. M.; LACIAK, K. J., ANDREWS, R.; NOSRAT, A.; ZELENKA-ZOVKO, L. 3D printing of open source appropriate Technologies for self-directed sustainable development. **Journal of Sustainable Development**, v. 3, p. 17-29. 2010.

PILLER, F. T. Mass Customization: Reflections on the State of the Concept. **The International Journal of Flexible Manufacturing Systems**, v. 16, p. 313-334. 2004.

POTTMANN, H.; ASPERL, A.; HOFER, M.; KIKIAN, A.; BENTLEY, D. **Architectural Geometry**. Londres: Bentley Institute Press, 2007.

PRASS, R. Entenda o que são os 'QR Codes', códigos lidos pelos celulares.

G1 Tecnologia, mai. 2011. Disponível em:

<<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2011/05/entenda-o-que-sao-os-qr-codes-codigos-lidos-pelos-celulares.html>>. Acesso em: 5 jan. 2017.

PREFEITURA de SP anuncia 12 Fab Labs em São Paulo. Link, Estadão, São Paulo, 3 fev. 2015. Disponível em:

<<http://blogs.estadao.com.br/link/prefeitura-de-sp-anuncia-12-fab-labs-em-sao-paulo/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

PRINT THE LEGEND. Santa Monica: Audax Films, 2014 (100 min.).

STREAMING: son., color.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, 2013.

PUPO, R. T. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto**: um novo desafio para o ensino da arquitetura. 2009. 260 f. Tese

(Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2009.

QUINTAS, R. K. **Ferramentas de co-design voltadas a moradores de Habitação de Interesse Social**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Design. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

RAASCH, C.; BALK, K.; HERSTATT, C. On the open design of tangible goods. **R and D Management**, v. 39, n. 4, p. 382-393, 2009.

RAYNA, T.; STRIUKOVA, L. From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. **Technological Forecasting & Social Change**, v. 102, p. 214-224, 2015.

REFIL. Site. Disponível em: <<http://www.re-filament.com/about>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

RIDDEN, J. EADS Airbike made of steel-strenght nylon. 2011. **Gizmag**. Disponível em: <<http://www.gizmag.com/eads-bristol-announces-nylon-airbike-manufactured-by-alm-technology/18094/>>. Acesso em: 18 jan. 2016.

RIFKIN, J. **The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is Transforming Energy, the Economy and the World**. Nova Iorque: Palgrave Macmillan, 2011.

ROIG, S. L. “White 3D printing piece / 3D Printing detail”. Site. Disponível em: <http://www.shutterstock.com/pic-196793492/stock-photo-white-d-printing-piece-d-printing-detail.html?src=d_7SSlsyw-5ojhijOH-0Jw-1-1>. Acesso em 21 jun. 2016.

ROLNIK, R. Direito à moradia. Desafios do Desenvolvimento – IPEA, jun. 2009. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/desafios/index.php?option=com_content&id=1034:catid=28&Itemid=23>. Acesso em: 02 jan. 2017.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCLICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

- SANNE, C. Willing consumers – or locked-in? Policies for a sustainable consumption. **Ecological Economics**, v. 42, n. 1-2, p. 273-297. 2002.
- SANTOS, A. dos; MERINO, E.; ROSA, I.; RIBEIRO, E. Proposition of criteria for the economical dimension of Design for Sustainability. In: III International Symposium on Sustainable Design, 2011, Recife. **Anais do International Symposium on Sustainable Design**, 2011.
- SASS, L. Synthesis of design production with integrated digital fabrication. **Automation in Construction**, v. 16, n. 3, p. 298-310, 2007.
- SASS, L.; OXMAN, R. Materializing Design: The Implications Of Rapid Prototyping In Digital Design. **Design Studies**, v. 27, n. 3, p. 325-355, 2006.
- SAURA, C. **Aplicação da prototipagem rápida na melhoria do processo de desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas**. 2003. 105 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia Mecânica Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2003.
- SCHMID, S.; GROSCHE, P. Globale Wertschöpfung im Volkswagen-Konzern – Auf dem Weg zu mehr Dezentralisierung bei Produktion und Entwicklung. ESCP-EAP European School of Management, 2008.
- SCHMIT, F. Entendendo o que é sustentabilidade. 2007. **Instituto Percepções**. Disponível em: <<http://www.percepcoes.org.br/artigos.asp?idartigo=261>>. Acesso em: 15 fev. 2016.
- SCHODEK, D.; BECHTHOLD, M.; GRIGGS, J. K.; KAO, K.; STEINBERG, M. **Digital Design and Manufacturing: CAD/CAM Applications in Architecture and Design**. Nova Jérsei: John Wiley and Sons, 2005.
- SEELY, J. C. K. **Digital fabrication in the architectural design process**. 2004. 77f. Dissertação (Mestrado) – Science in Architecture Studies, Massachusetts Institute of Technology. Massachusetts, 2004.
- SILVA, J. Prototipagem rápida e aplicações. In: **Curso de engenharia de superfícies**, 2008. Campinas: FEM/UNICAMP, 2008. Palestra ministrada.

SILVA, J. C. A. **Ferramenta de Ecodesign para apoio ao projeto de produtos**. 2009. 234 f. Tese (Doutorado em Design) – Departamento de Artes & Design, PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2009.

SILVEIRA, G. J. C.; FOGLIATTO, F. S.; BORENSTEIN, D. Mass Customization: Literature Review and Research Directions. *International Journal of Production Economics*, v.72, p. 1-13, 2001.

SMITH, A.; HIELSCHER, S.; DICKEL, S.; SODERBERG, J.; VAN OOST, E. Grassroots digital fabrication and makerspaces: Reconfiguring, relocating and recalibrating innovation? **SPRU Science and Technology Policy Research - Working Paper Series**. 2013.

SOUZA, A. F.; COELHO, R. T. Tecnologia CAD/CAM – Definições e estado da arte visando auxiliar sua implantação em um ambiente fabril. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção – **ENEGEP**, 2003. Ouro Preto, 2003.

SPC BRASIL. **Hábitos de consumo do brasileiro e sua relação com o crédito**. 2014. Disponível em: <https://www.spcbrasil.org.br/uploads/st_imprensa/analise_pesquisas_consumo_2014.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2016.

SPINNEY, J.; BURNINGHAM, K.; COOPER, G.; GREEN, N.; UZZELL, D. 'What I've found is that your related experiences tend to make you dissatisfied': Psychological obsolescence, consumer demand and the dynamics and environmental implications of de-stabilization in the laptop sector. **Journal of Consumer Culture**, v.12, n.3, p. 347-370, 2012.

SPROULL, S. Maketime CEO Talks disruptive tech at KAIA's AutoVision. SmileyPete Publishing, set. 2016. Disponível em: <<http://smileypete.com/business/maketime-ceo-talks-disruptive-tech-at-kaia-s-autovision/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

STEFFEN, D.; GROS, J. Technofactory versus Mini-Plants; Potentials for a Decentralized Sustainable Furniture Production. In: 2nd International Conference on Mass Customization and Personalization – **MCPC03**, 2003. Munique, 2003.

TAKAHASHI, T. (org.). Sociedade da informação no Brasil: livro verde. Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), 2000. Disponível em: <<http://www.governoeletronico.gov.br/documentos-e-arquivos/livroverde.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2016.

TAKEUCHI, W. A rosácea paranista. Circulando por Curitiba, set. 2013. Disponível em: <<http://www.circulandoporcuritiba.com.br/2013/09/a-nossa-rosacea-paranista.html>>. Acesso em: 3 dez. 2016.

TASSI, R. **Service Design Tools**: Communication methods supporting design processes. Milano: DensityDesign research group at INDACO Department - Politecnico di Milano | DARC - the Research & Consulting Center of Domus Academy. 2010. Disponível em <<http://www.servicedesigntools.org/>>. Acesso em: 27 out. 2010.

THINGIVERSE. Site. Disponível em: <<http://www.thingiverse.com/>>. Acesso em: 21 nov. 2015.

THIOLLENT, M. **Metodologia da Pesquisa-Ação**. São Paulo: Cortez, 2011.

TOFFLER, A. **The Third Wave**. Nova Iorque: Morrow, 1980.

TREATSTOCK. 2016. Site. Disponível em: <<https://www.treatstock.com/>>. Acesso em: 12 out. 2016.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2016.

TROXLER, P. Commons-based Peer-Production of Physical Goods: Is there Room for a Hybrid Innovation Ecology? In: **3rd Free Culture Research Conference**. Berlim, 2010.

_____. Making the third Industrial Revolution: the struggle for polycentric structures and a new peer-production commons in the FabLab community. In: Walter-Herrmann, J., Büching, C. (Eds.), **Fab Lab: of Machines, Makers and Inventors**, Cultural and Media Studies, p.181-194. Bielefeld: Transcript Verlag, 2013.

- TUKKER, A. Eight types of product-service system: eight ways to sustainability? Experiences from SusProNet. **Business Strategy and Environment**, v. 13, n. 4, p. 246-260, 2004.
- TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Apostila de Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção**. Itajubá: Universidade Federal de Itajubá, 2011.
- USMANI, F. Quality Assurance vs Quality Control. PM Study Circle, set. 2012. Disponível em: <<https://pmstudycircle.com/2012/01/quality-assurance-vs-quality-control/>>. Acesso em: 3 jan. 2017.
- VANHEMERT, K. A \$250 3D printer with breakthrough software. 2014. Disponível em: <<http://www.wired.com/2014/05/mod-t-printer/>>. Acesso em: 12 dez. 2015.
- VDI. Made in Germany or low wages? In: **Reallocation of production and foreign production**, 2012. Verein Deutscher Ingenieure, 2012. Palestra ministrada.
- VEZZOLI, C. **Design de Sistemas para a Sustentabilidade**: Teorias, métodos e ferramentas para o design sustentável de “sistemas de satisfação”. Salvador: EDUFBA, 2010.
- VEZZOLI, C.; CESCHIN, F. Designing sustainable system innovation transition for low-industrialised contexts. In: **2nd Conference of the Sustainable Consumption Research Exchange (SCORE!) Network**. Bruxelas, 2008.
- VIANNA, Y.; VIANNA, M.; MEDINA, B.; TANAKA, S. **Gamification, Inc.** Como reinventar empresas a partir de jogos. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.
- VOLPATO, N.; AHRENS, C. H.; FERREIRA, C. V.; PETRUSCH, G.; CARVALHO, J.; SANTOS, J. R. L.; SILVA, J. V. L. **Prototipagem Rápida**: Tecnologias e Aplicações. São Paulo: Editora Blucher, 2007.
- WAGHORN, T. Jeremy Rifkin's Third Industrial Revolution. 2011. Disponível em: <<http://www.siaf.ch/files/130410-rifkin-2.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2015.

- WALDMAN-BROWN, A.; WANYIRI, J.; ADEBOLA, S. O.; CHEGE, T.; MUTHUI, M. **Democratizing technology**: the confluence of makers and grassroots innovators. Third International Conference on Creativity and Innovations at/for/from/with grassroots - ICCIG. No prelo 2016.
- WEI, W. An Empirically Derived Framework of Web-Based Interactive Innovation Practices. **Innovation: Management, policy & practice**, v. 15, n. 1, p. 69-82, 2013.
- WEST, J.; GALLAGHER, S. Challenges of open innovation: the paradox of firm investment in open-source software. *R&D Management*, v. 36, i. 3, p. 319-331. 2006.
- WESTBROOK, R. Action research: a new paradigm for research in production and operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 15, n. 12, p. 6-20, 1995.
- WILLIAMS, A.; GIBB, A.; WEEKLY, D. Research with a hacker ethos: what DIY means for tangible interaction research. **Interactions**, v. 19, n. 2, p. 14-19, 2012.
- WOHLERS. **Wohlers report 2002**. Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates, 2002.
- WOHLERS. **Wohlers report 2013**. Fort Collins, Colorado: Wohlers Associates, 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso**: Planejamento e Métodos. 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- YUNTONG. Site. Disponível em: <<http://www.glassmachinerychina.com/1-6-glass-tempering-furnace.html>>. Acesso em: 21 jun. 2016.
- ZHANG, B.; SEONG, B.; NGUYEN, V.; BYUN, D. 3D printing of high-resolution PLA-based structures by hybrid electrohydrodynamic and fused deposition modeling techniques. **Journal of Micromechanics and Microengineering**, v. 26, n. 2, 2016.
- ZHU, Y. IKEA Recalls 29 Million Dressers and Chests After 6 Toddler Deaths. *Forbes*, jun. 2016. Disponível em:

<<http://www.forbes.com/sites/yehongzhu/2016/06/28/ikea-recalls-29-million-dressers-after-6-toddler-deaths/>>. Acesso em: 3 jan. 2017.

ZIMMERMANN, L. The Open Platform Design Flowchart – Mapping out your OS-Project as a Platform. OSCE Days, abr. 2016. Disponível em:

<<http://community.oscedays.org/t/tool-video-open-source-business-models-for-circular-economy-video-series/4625>>. Acesso em: 19 abr. 2016.

APÊNDICE

Apêndice A – Carta de apresentação



Universidade Federal do Paraná
PPGDesign | Programa de Pós-Graduação em Design
Núcleo de Design e Sustentabilidade UFPR

CARTA DE APRESENTAÇÃO

Apresento o aluno João Paulo Amaral Caccere, matrícula 201500029760, do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Paraná, no qual realiza pesquisa que procura fazer uma proposição de um cenário de utilização coordenada das abordagens de Fabricação Digital e de Produção Aberta e Distribuída para a oferta online de artefatos *open-source* para Habitações de Interesse Social.

A presente investigação se insere na pesquisa de campo da dissertação denominada “Fabricação Digital como abordagem para a Produção Aberta e Distribuída”.

Para tanto, solicito sua especial colaboração, respondendo a entrevista e fornecendo dados complementares. Ressaltamos que os dados compilados serão utilizados de maneira sigilosa e somente serão divulgados com a anuência prévia da empresa pesquisada.

Atenciosamente,

Programa de Pós-Graduação em Design
Website: <http://www.sacod.ufpr.br/portal/ppgdesign/>
Email: ppgdesign@ufpr.br
Telefone: +55 41 3360-5238
Curitiba/ PR - Brasil

Apêndice B – Termo de consentimento



Universidade Federal do Paraná
PPGDesign | Programa de Pós-Graduação em Design
Núcleo de Design e Sustentabilidade UFPR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro, por meio deste termo, que concordei em ser entrevistado(a) na pesquisa de campo referente ao projeto “Fabricação Digital como abordagem para a Produção Aberta e Distribuída” desenvolvido pela Universidade Federal do Paraná. Fui informado(a), ainda, de que a pesquisa é coordenada pelo Prof. DSc. Aguinaldo dos Santos, a quem poderei consultar a qualquer momento que julgar necessário por meio do e- mail asantos@ufpr.br e/ou do telefone 3360- 5313.

Afirmo que aceitei participar por minha própria vontade, sem receber qualquer incentivo financeiro ou ter qualquer ônus e com a finalidade exclusiva de colaborar para o sucesso da pesquisa. Fui informado(a) do objetivo estritamente acadêmicos do estudo, que, em linhas gerais, é a “proposição de um cenário de utilização coordenada das abordagens de Fabricação Digital e de Produção Aberta e Distribuída para a oferta online de artefatos open-source para Habitações de Interesse Social”.

Fui também esclarecido(a) de que os usos das informações por mim oferecidas estão submetidos às normas éticas destinadas à pesquisa envolvendo seres humanos, do Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná.

Reconheço que as informações, imagem e som por mim fornecidos poderão ser utilizados em futuras publicações de cunho científico, em materiais impressos e/ou digitais desenvolvidos pela Universidade Federal do Paraná. Autorizo o seu uso, independentemente do número de exposições e por tempo ilimitado, por quaisquer que sejam os meios de transmissão e tratamentos gráficos e audiovisuais.

Nome completo:

Assinatura:

() Entrevistado não alfabetizado (marcar caso o/a participante não possa assinar)

Local/Data:

Endereço:

Telefone:

Entrevistador (nome completo e assinatura)

Apêndice C – Termo de autorização

Universidade Federal do Paraná
PPGDesign | Programa de Pós-Graduação em Design
Núcleo de Design e Sustentabilidade UFPR

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DIVULGAÇÃO DE DADOS E
UTILIZAÇÃO DE IMAGENS**

Eu, _____, abaixo assinado, concordo em participar voluntariamente e gratuitamente da pesquisa acadêmica realizada pelo aluno João Paulo Amaral Caccere, inscrito no Programa de Pós-Graduação em Design com o número de matrícula 201500029760, no fornecimento de informações e/ou imagens que serão parte da coleta de dados para a dissertação intitulada “Fabricação Digital como abordagem para a Produção Aberta e Distribuída”, orientada pelo professor PhD. Aguinaldo dos Santos, entendendo a sua proposta e natureza. Reconheço que as informações, imagem e som por mim fornecidos poderão ser utilizados em futuras publicações de cunho científico, em materiais impressos e/ou digitais, de minha autoria e/ou coautoria, bem como de autoria e/ou coautoria do aluno João Paulo Amaral Caccere. Autorizo o seu uso, independentemente do número de exposições e por tempo ilimitado, por quaisquer que sejam os meios de transmissão e tratamentos gráficos e audiovisuais.

Autorizo a divulgação do nome da empresa ☐ Sim ☐ Não

_____, _____ de _____ de 2016.

Assinatura:

Nome:

Endereço:

CPF:

Apêndice D – Entrevista semiestruturada: requisitos para o Sistema

A. Informações sobre o Sistema (consumidoras)

1. Como sua família compra móveis hoje?
2. Quais formas de comprar móveis você conhece?
3. Existe uma forma diferente que você gostaria de adquiri-los?
4. O preço influencia na escolha do móvel na hora da compra?
5. O visual influencia na escolha do móvel na hora da compra?
6. A marca influencia na escolha do móvel na hora da compra?
7. Quais as características que você considera mais importante em um móvel?
8. Os móveis da sua casa possuem as medidas que você gostaria?
9. Consegue guardar tudo o que você tem?
10. Os móveis da sua casa são visualmente da maneira que você mais gostaria?
11. Se você pudesse customizar seus móveis (altura, cor, material), você o faria?
12. Você compartilharia o uso do seu móvel?
13. O que você acha da ideia de “alugar” os móveis ao invés de comprá-los?
14. Você ou as pessoas de sua família fazem uso de computador e internet?
15. Você ou as pessoas de sua família já fizeram compras pela internet?
16. Você faria a compra de móveis pela internet?
17. Você sabe onde é produzido os seus móveis?
18. Gostaria de acrescentar algo?

B. Informações sobre o Sistema (makers)

1. Como sua família compra móveis hoje?
2. Quais formas de comprar móveis você conhece?
3. Existe uma forma diferente que você gostaria de adquiri-los?
4. Quais processos para fabricar móveis você conhece?
5. Existe algum processo que você considere o melhor?
6. Você entende que a proposição do Sistema é viável?
7. No Sistema proposto, qual tipo de informação poderia ser aberta?
8. Quais as vantagens de abrir informações neste caso?
9. De que maneira você entende que as informações poderiam estar disponíveis?
10. Quais as permissões teriam as pessoas que usam os arquivos?
11. No Sistema proposto, como poderia ser envolvida a comunidade na produção de móveis?
12. Como o Sistema poderia ser abastecido de alternativas para móveis?
13. Gostaria de acrescentar algo?

C. Informações sobre o Sistema (fabricantes digitais)

1. Como sua família compra móveis hoje?

2. Quais formas de comprar móveis você conhece?
3. Existe uma forma diferente que você gostaria de adquiri-los?
4. Quais processos para fabricar móveis você conhece?
5. Existe algum processo que você considere o melhor?
6. Você optaria por um sistema baseado em estoques ou sob demanda?
7. Você entende que a proposição do Sistema é viável?
8. Como você acha que poderia ser viabilizado o Sistema do ponto de vista econômico?
9. Qual os possíveis benefícios você enxerga no Sistema?
10. Quais os possíveis problemas você enxerga no Sistema?
11. Você imagina que algo poderia ser automatizado no Sistema?
12. Gostaria de acrescentar algo?

Apêndice E – Script de ação: RITE

A. Cenário 1

Se informar sobre o serviço
Acessar a plataforma
Escolher o produto
Customizar o produto
Fazer o pagamento
Receber mensagem de confirmação e prazo
Aguardar
Receber o produto
Montar o produto
Posicionar o produto
Utilizar o produto
Solicitar serviço de descarte remunerado
Receber mensagem de confirmação e prazo
Aguardar
Entregar produto
Receber remuneração

B. Cenário 2

Visitar loja local de utilitários
Se informar sobre o serviço
Escolher o produto
Fazer o pagamento
Aguardar
Receber o produto
Montar o produto
Posicionar o produto
Utilizar o produto
Visitar loja local de utilitários
Se informar sobre opções de upgrade
Escolher o produto
Fazer o pagamento
Aguardar
Receber o montador
Ter o produto reconfigurado

Apêndice F – Entrevista semiestruturada: requisitos do público-alvo para mobiliário

A. Questões práticas

1. Que características você observa e dá mais atenção na hora de comprar móveis?
2. Depois dessa característica, quais outras que você observa (mais duas no mínimo)?
3. Quais os principais problemas que você vê nos móveis que consome atualmente?
4. A origem dos problemas está no produto (design)?
5. Você sabe como poderia corrigir esses problemas?
6. Há como fazer por conta própria? Você o faria?
7. Você conhece algum tipo de móvel que você mesmo monta?
8. Você possui algo deste tipo? Se não, você compraria?
9. Você utilizou manual?
10. Você possui as ferramentas básicas para montagem?
11. Você já teve que desmontar algum móvel?
12. Como foi sua experiência?
13. Na hora de montar novamente, você que executou o serviço?
14. Houve algum problema na remontagem?
17. Você já adquiriu algum móvel sob medida?
18. Se você pudesse customizar os seus móveis nas medidas, você o faria?
19. Existe algum móvel na sua casa que seja usado em mais de uma função?
20. Qual(is) móvel(is) você necessita atualmente?
21. Neste(s) objeto(s) em específico, quais são as qualidades que você procura?

B. Questões estéticas

1. No visual do produto, o que você observa e dá mais atenção na hora de comprar?
2. Depois dessa característica, quais outras que você observa (mais duas no mínimo)?
3. Existem cores, formas ou acabamentos específicos que você gosta?
4. Existe algum tipo de móvel que você não compraria?
5. Conhece alguma loja que tenha modelos que você goste?
6. Conhece alguma loja que tenha modelos que você não goste?

C. Questões simbólicas

1. Você identifica alguma característica marcante dos móveis que você possui?
2. Você sabe dizer uma marca de móveis que você compraria?
3. Você sabe dizer uma marca de móveis que você não compraria?
4. Quais os motivos?

Apêndice G – Questionário: Indicações dos fabricantes digitais para projeto e produção

A. Propriedades do equipamento

1. Modelo?
2. Quantidade de eixos?
3. Materiais aceitos?
4. Dimensões máximas do material nos eixos X, Y e Z?
5. Ferramenta de corte?

B. Arquivo digital

1. Formato do arquivo?
1. Software?

Apêndice H – CERN OHL: Licença (em inglês)

CERN OPEN HARDWARE LICENCE v1.1

Preamble

Through this CERN Open Hardware Licence ("CERN OHL") version 1.1, the Organization wishes to disseminate its hardware designs (as published on <http://www.ohwr.org/>) as widely as possible, and generally to foster collaboration among public research hardware designers. The CERN OHL is copyright of CERN. Anyone is welcome to use the CERN OHL, in unmodified form only, for the distribution of his own Open Hardware designs. Any other right is reserved.

1. Definitions

In this Licence, the following terms have the following meanings:

"Licence" means this CERN OHL.

"Documentation" means schematic diagrams, designs, circuit or circuit board layouts, mechanical drawings, flow charts and descriptive text, and other explanatory material that is explicitly stated as being made available under the conditions of this Licence. The Documentation may be in any medium, including but not limited to computer files and representations on paper, film, or any other media.

"Product" means either an entire, or any part of a, device built using the Documentation or the modified Documentation.

"Licensee" means any natural or legal person exercising rights under this Licence.

"Licensor" means any natural or legal person that creates or modifies Documentation and subsequently communicates to the public and/ or distributes the resulting Documentation under the terms and conditions of this Licence. A Licensee may at the same time be a Licensor, and vice versa.

2. Applicability

2.1 This Licence governs the use, copying, modification, communication to the public and distribution of the Documentation, and the manufacture and distribution of Products. By exercising any right granted under this Licence, the Licensee irrevocably accepts these terms and conditions.

2.2 This Licence is granted by the Licensor directly to the Licensee, and shall apply worldwide and without limitation in time. The Licensee may assign his license rights or grant sub-licenses.

2.3 This Licence does not apply to software, firmware, or code loaded into programmable devices, which may be used in conjunction with the Documentation, the modified Documentation or with Products. The use of such software, firmware, or code is subject to the applicable licence terms and conditions.

3. Copying, modification, communication to the public and distribution of the Documentation

3.1 The Licensee shall keep intact all copyright and trademarks notices and all notices that refer to this Licence and to the disclaimer of warranties that is included in the Documentation. He shall include a copy thereof in every copy of the Documentation or, as the case may be, modified Documentation, that he communicates to the public or distributes.

3.2 The Licensee may use, copy, communicate to the public and distribute verbatim copies of the Documentation, in any medium, subject to the requirements specified in section 3.1.

3.3 The Licensee may modify the Documentation or any portion thereof. The Licensee may communicate to the public and distribute the modified Documentation (thereby in addition to being a Licensee also becoming a Licensor), always provided that he shall: a. comply with section 3.1; b. cause the modified Documentation to carry prominent notices stating that the Licensee has modified the Documentation, with the date and details of the modifications; c. license the modified Documentation under the terms and conditions of this Licence or, where applicable, a later version of this Licence as may be issued by CERN; and d. send a copy of the modified Documentation to all Licensors that contributed to the parts of the Documentation that were modified, as well as to any other Licensor who has requested to receive a copy of the modified Documentation and has provided a means of contact with the Documentation.

3.4 The Licence includes a licence to those patents or registered designs that are held by the Licensor, to the extent necessary to make use of the rights granted under this Licence. The scope of this section 3.4 shall be strictly limited to the parts of the Documentation or modified Documentation created by the Licensor.

4. Manufacture and distribution of Products

4.1 The Licensee may manufacture or distribute Products always provided that the Licensee distributes to each recipient of such Products a copy of the Documentation or modified Documentation, as applicable, and complies with section 3.

4.2 The Licensee is invited to inform in writing any Licensor who has indicated its wish to receive this information about the type, quantity and dates of production of Products the Licensee has (had) manufactured.

5. Warranty and liability

5.1 **DISCLAIMER** – The Documentation and any modified Documentation are provided "as is" and any express or implied warranties, including, but not limited to, implied warranties of merchantability, of satisfactory quality, and fitness for a particular purpose or use are disclaimed in respect of the Documentation, the modified Documentation or any Product. The Licensor makes no representation that the Documentation, modified Documentation, or any Product, does or will not infringe any patent, copyright, trade secret or other proprietary right. The entire risk as to the use, quality, and performance of a Product shall be with the Licensee and not the Licensor. This disclaimer of warranty is an essential part of this Licence and a condition for the grant of any rights granted under this Licence. The Licensee warrants that it does not act in a consumer capacity.

5.2 **LIMITATION OF LIABILITY** – The Licensor shall have no liability for direct, indirect, special, incidental, consequential, exemplary, punitive or other damages of any character including, without limitation, procurement of substitute goods or services, loss of use, data or profits, or business interruption, however caused and on any theory of contract, warranty, tort (including negligence), product liability or otherwise, arising in any way in relation to the Documentation, modified Documentation and/or the use, manufacture or distribution of a Product, even if advised of the possibility of such damages, and the Licensee shall hold the Licensor(s) free and harmless from any liability, costs, damages, fees and expenses, including claims by third parties, in relation to such use.

6. General

6.1 The rights granted under this Licence do not imply or represent any transfer or assignment of intellectual property rights to the Licensee.

6.2 The Licensee shall not use or make reference to any of the names, acronyms, images or logos under which the Licensor is known, save in so far as required to comply with section 3. Any such permitted use or reference shall be factual and shall in no event suggest any kind of endorsement by the Licensor or its personnel of the modified Documentation or any Product, or any kind of implication by the Licensor or its personnel in the preparation of the modified Documentation or Product.

6.3 CERN may publish updated versions of this Licence which retain the same general provisions as this version, but differ in detail so far this is required and reasonable. New versions will be published with a unique version number.

6.4 This Licence shall terminate with immediate effect, upon written notice and without involvement of a court if the Licensee fails to comply with any of its terms and conditions, or if the Licensee initiates legal action against Licensor in relation to this Licence. Section 5 shall continue to apply.

6.5 Except as may be otherwise agreed with the Intergovernmental Organization, any dispute with respect to this Licence involving an Intergovernmental Organization shall, by virtue of the latter's Intergovernmental status, be settled by international arbitration. The arbitration proceedings shall be held at the place where the Intergovernmental Organization has its seat. The arbitral award shall be final and binding upon the parties, who hereby expressly agree to renounce any form of appeal or revision.

Apêndice I – CERN OHL: Guia da licença

Guide to the CERN OHL v.1.1

This document contains guidelines on how to apply the CERN OHL v.1.1 to a given hardware design, and on the use of hardware designs licensed under the CERN OHL v.1.1.

How to apply the CERN OHL v.1.1 to a hardware design

Pre-requisite:

Authorship/ownership of the design must be clear and undisputed. Only the legal owner of the rights in the hardware design may decide under what conditions to make it available. If ownership is vested in more than one person/entity, there must be an agreement among the owners to release the hardware design as open hardware, and under the CERN OHL in particular.

The hardware design documentation and files package

Pack all your hardware design documentation files (schematics, layout...) as well as the documents listed below in an archive file. This will ensure the licensee downloads everything in one go. It is best to archive the files using a format everybody can open. Schematics and layouts should be included in both source form and a format readable by everybody, such as pdf.

The following documents must be distributed together with the hardware design documentation:

- Document containing the CERN OHL v.1.1 (e.g. LICENSE.PDF)
- This Guide
- Text files (plain ASCII file), where information can be added to but not removed from, listing:
 - Contact point of any Licensor who wishes to receive modified Documentation (see section 3.3.d) (e.g. CONTRIB.TXT);
 - Contact point wishing to receive information about manufactured Products (see section 4.2) (e.g. PRODUCT.TXT);
 - Modifications made by Licensee (see section 3.3.b) (e.g. CHANGES.TXT)

What to do with the hardware design documentation

Include in the hardware design documentation, for instance as a header, the following elements (see section 3.1 CERN OHL v.1.1):

- a copyright notice reflecting actual ownership;
- a notice that the hardware design documentation is licensed under the CERN OHL v.1.1, possibly with a link to <http://ohwr.org/cernohl> where the licence texts are hosted:
 - “Licensed under CERN OHL v.1.1 or later”
 - “Licensed under CERN OHL v.1.1”;
- a disclaimer of warranties;

The following is an example of header if CERN is the Licensor:

Copyright CERN 2011. This documentation describes Open Hardware and is licensed under the CERN OHL v. 1.1. You may redistribute and modify this documentation under the terms of the CERN OHL v.1.1. (<http://ohwr.org/cernohl>). This documentation is distributed WITHOUT ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY, INCLUDING OF MERCHANTABILITY, SATISFACTORY QUALITY AND FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. Please see the CERN OHL v.1.1 for applicable conditions.

Include on the silkscreen:

- the licence notice: “Licensed under CERN OHL v.1.1”
 - Do not include the CERN logo or the copyright notice

How to deal with hardware designs licensed under the CERN OHL v.1.1

Generally speaking, you must always comply with any obligations applying to a particular design (detailed in a contract or accompanying licence). If you receive hardware designs licensed under the CERN OHL v.1.1, the obligations are to:

- Keep intact all the copyright and trademark notices that are on the hardware design documentation;
- Keep intact the references to the CERN OHL v.1.1;
- Keep intact the disclaimer of warranties.

If you modify hardware design that you received from someone else that is licensed under the CERN OHL v.1.1, you must

- Keep intact all the notices referred to above;
- Include notices that you have modified the hardware designs, detailing what modifications were made (e.g. in a CHANGES.TXT file);
- Add the appropriate copyright notice to the modifications that were made;
- license the modifications under the CERN OHL v.1.1 if you distribute them.

Apêndice J – Questionário: Dados para a aquisição dos produtos**A. Medidas gerais dos móveis**

1. Altura?
2. Largura?
3. Raio do tampo (mesa lateral)?
4. Altura do chão ao assento (banco alto)?

B. Acabamento superficial dos pés

- () Verniz translúcido incolor
- () Verniz translúcido colorido – Cor?
- () Verniz opaco incolor
- () Verniz opaco colorido – Cor?

C. Cor do revestimento melanímico

1. Cor (ver opções nos catálogos dos fabricantes)?